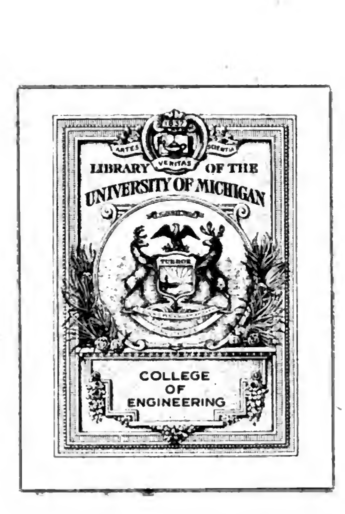
Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie

Verein Deutscher Ingenieure


ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ENGINEERING

BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE DER TECHNIK UND INDUSTRIE

JAHRBUCH
DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

HERAUSGEGEBEN

VON

CONRAD MATSCHOSS

ELFTER BAND

MIT 164 TEXTABBILDUNGEN, 8 BILDNISSEN
UND 3 BILDTAFELN



BERLIN
VERLAG DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
IM BUCHHANDEL DURCH
JULIUS SPRINGER, VERLAGSBUCHHANDLUNG
1921

Inhaltsverzeichnis.

Aus der Geschichte der Gasmaschine.

N. A. Otto, Eugen Langen und die Entwicklung der Verbrennungsmaschine[1]).

Von

Conrad Matschoß, Berlin.

N. A. Otto. Seine ersten Arbeiten an der Gasmaschine.

Nikolaus August Otto stammt aus dem Nassauischen. In dem kleinen Städtchen Holzhausen wurde er am 14. Juni 1832 geboren. In einfachen Verhältnissen — sein Vater war Landwirt und Posthalter — wuchs der Knabe heran. Im Heimatsorte besuchte er eine Elementarschule, und daran schloß sich eine Realschulbildung in Langenschwalbach. 1848, also mit 16 Jahren, schloß seine Schulausbildung ab, weil seine Eltern sich entschlossen hatten, ihn Kaufmann werden zu lassen. Wir wissen wenig von seiner inneren Entwicklung. Die Eltern gaben ihn zu einem Kaufmanne Guntrum zu Nastetten, der ihm nach dreijähriger Lehrzeit das Zeugnis ausstellte, daß er treu, fleißig und gesittet alles gelernt habe, was er zu lernen hatte. Die folgenden Jahre finden wir ihn in Frankfurt a. Main; bei Philipp Jakob Sinzheimer ist er als Handlungsgehilfe tätig. Von hier führte ihn sein Lebensweg nach Köln, das ihm zur zweiten Heimat werden sollte. Auch hier ist er nacheinander in mehreren Handlungshäusern in bescheidenen Stellungen tätig gewesen. Noch niemand, er selbst vielleicht am wenigsten, dachte an die große Zukunft, die ihm auf einem Gebiet, das von seiner eigentlichen kaufmännischen Tätigkeit recht entfernt lag, in der Hauptstadt des Rheinlandes erblühen sollte.

Hier in Köln erreichten ihn die Zeitungsberichte von der Lenoirschen Gasmaschine. Die ersten Veröffentlichungen über die neue Erfindung reichen bis in den Sommer 1861 zurück. Die glänzenden, weit über das zurzeit erreichbare Ziel hinausgehenden Versprechungen lösten überall die größten Hoffnungen aus. Die phantasievollen Verfasser dieser Berichte dachten auch schon an die weitgehende Verwendung der Gasmaschine. Man sprach von Gaslokomotiven, von Gasfeuerspritzen und anderem mehr. Den Gasverbrauch gab man zunächst auf etwa 450 bis 500 Liter für die Pferdekraftstunde an, und mit diesen Zahlen ließen sich bei dem damaligen Stande des Dampfmaschinenbaues Rentabilitätsberechnungen

[1]) Die vorliegende Arbeit ist ein Teil des von mir verfaßten Buches: „Die Geschichte der Gasmotorenfabrik Deutz", dessen Hauptbestandteil bereits Mitte 1914 fertig vorlag. Die genannte Arbeit war zur Erinnerung an das 50jährige Bestehen des Werkes bestimmt und sollte im Herbst 1914 erscheinen. Durch den Krieg mußte die Drucklegung bis jetzt zurückgestellt werden. Die vorliegenden Kapitel behandeln vornehmlich die Zeit der Entstehung, während das ganze Werk die Geschichte der Firma bis 1914 umfaßt.

aufstellen, die auch ruhiger denkenden Männern die Aussichten, die sich hier für die industrielle Verwertung der neuen Erfindung boten, ausgezeichnet erscheinen lassen mußten.

Auch auf den jungen Kölner Kaufmann mögen diese phantasievollen Zukunftsaussichten stark eingewirkt haben. Hier lag Neuland vor ihm, und wie in den Zeiten der großen Entdeckungen durch phantastische Schilderungen von dem Reichtume neuer unbekannter Länder immer wieder von neuem kühne Pioniere angeregt wurden, ihr Glück zu versuchen, so spielt auch in der Geschichte der Technik die Aussicht auf Ruhm und Reichtum als Ansporn eine nicht zu unterschätzende Rolle. Der Glaube an eine große Zukunft ist auch notwendig, um schließlich alle die Mühsale und Enttäuschungen zu überwinden, die keinem erfolgreichen Erfinder erspart bleiben.

Das Samenkorn für die weitere Entwicklung war in Otto gelegt. Der Gedanke an die Gasmaschine hat ihn nun sein Leben lang nicht mehr verlassen. Es mag ihm hierin ähnlich wie seinem großen Kollegen James Watt ergangen sein, der, als von außen her der Gedanke an die Dampfmaschine in ihn hineingetragen war, sich in den vielen Jahren, in denen jede Hoffnung auf Erfolg zu schwinden schien, vor dem weiteren Denken an die Maschine nicht mehr retten konnte. „Ich muß an die Maschine denken Tag und Nacht", schrieb Watt damals an einen seiner Freunde. Auch Ottos ganzes Sinnen war von jener Zeit auf das eine Ziel gerichtet, eine mit der Dampfmaschine wettbewerbsfähige Gaskraftmaschine zu schaffen. Seine Freunde mögen bald erkannt haben, wie fest ihn dieser Gedanke gepackt hatte, und sie fürchteten für seine Zukunft. Auch die Absicht, sich zu verheiraten, mußte Otto immer wieder hinausschieben, denn die Wege, die ihn jetzt von seiner eigentlichen Berufstätigkeit abführten, waren nicht geeignet, die Begründung eines Hausstandes zu erleichtern.

An gutem Rat, sich auf seinen Beruf zu beschränken, mag es nicht gefehlt haben. Aber immer tiefer kam Otto in seine naturwissenschaftlich-technischen Überlegungen hinein, einen Gedankenkreis, für den er sich in seinen ersten Entwicklungsjahren schon lebhaft interessiert hatte. An wissenschaftlichen Kenntnissen brachte er, verglichen mit dem, was unsere heutige Ausbildung ermöglicht, so gut wie nichts mit. Auf eigenen Wegen, durch Lesen der in Frage kommenden Bücher und vor allem durch eigenes Denken — seine Freunde nannten ihn den „Grübler" — mußte er versuchen, sich die notwendigsten Kenntnisse zu verschaffen, um auf dem Wege, den er eingeschlagen hatte, voranzukommen. Von der Konstruktion der Lenoirschen Maschine konnte er auch nicht mehr erfahren, als in den Zeitungsnotizen enthalten war. Er ging also seine eigenen Wege und baute sich ein kleines Maschinchen; schon hier mußte er erkennen, wie anders sich die Wirklichkeit ausnahm gegenüber den bloßen Ideen. Nur selten gelang es ihm, sein Maschinchen in Gang zu bringen. Zunächst ließ er auf ein Viertel des Kolbenweges, dann auf mehr als die Hälfte das Explosionsgemenge ansaugen, aber ohne Erfolg zu erzielen. Er erkannte nun, daß man die Explosion an den Anfang des Hubes legen müsse. Den elektrischen Zündapparat, den er bei diesem ersten Maschinchen benutzte, stellte er ab, drehte dann das Schwungrad zurück, um das Gemisch zu verdichten. Wenn er dann die Zündung eintreten ließ, so machte zu seiner Freude das Schwungrad wenigstens mehrere Umdrehungen.

So weit mit seinen ersten Versuchen gekommen, beschloß er, bei einem wirklichen Mechaniker eine kleine Versuchsmaschine bauen zu lassen, von der er

hoffte, daß sie ihn schnell seinem Ziele näherführen würde. Der Mechaniker Zons in Köln stellte nach Ottos genauen Angaben Ende 1861 eine kleine Gasmaschine her, die in schematischer Anordnung in Abb. 1 wiedergegeben ist. Vier Zylinder arbeiten auf eine zweifach gekröpfte Welle. Jeder Zylinder hat zwei Kolben. Der Arbeitskolben, in der Figur geschnitten dargestellt, überträgt seine Kraft durch ein Kurbelgetriebe auf die Welle. Der Verbrennungsraum wird gebildet vom Zylinderboden und einem freiliegenden Kolben, der in der hohlen Kolbenstange des Arbeitskolbens geführt wird. Die Erfahrungen mit den starken Explosionsstößen hatten Otto dazu veranlaßt, mit Hilfe des fliegenden Kolbens ein elastisches Luftkissen zwischen Arbeitskolben und Fliegerkolben einzuschalten. Die Arbeitsweise, das ist entwicklungsgeschichtlich besonders interessant, entspricht dem Viertakt, und damit findet sich schon hier die Grundlage, auf der sich später der eigentliche Otto-Motor, der Vater aller heutigen Gasmaschinen, aufbaute. Bezeichnen wir die Bewegung des Arbeitskolbens vom Zylinderboden nach der Kurbel zu als Hingang, den Rückweg als Rückgang, so wurde beim Hingange das Gasluftgemenge angesaugt, beim Rückgange verdichtet, beim nächsten Hingange wurde das Gemenge zur Explosion gebracht, die Arbeitsleistung trat ein, und bei dem darauffolgenden Rückgange wurden die Verbrennungsgase aus dem Zylinder hinausgeschoben. Ansaugen, Verdichten, Ausdehnen und Ausschieben folgten in jedem Zylinder aufeinander. Aber auch die Erfahrungen mit dieser kleinen Versuchsmaschine waren so, daß es Otto zunächst aufgeben mußte, auf diesem Wege weiterzukommen. Trotz des elastischen Luftkissens waren die Stöße der Maschine so stark, daß an einen geordneten Betrieb nicht zu denken war.

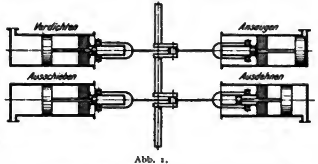


Abb. 1.
Versuchsmaschine von Otto. Ende 1861 in Köln erbaut.

Wir, zurückblickend, können jetzt beurteilen, wie nahe Otto mit seiner ersten Versuchsmaschine bereits dem Arbeitsverfahren war, auf dem sich der später so gewaltig fortschreitende Gasmaschinenbau der ganzen Welt aufbauen sollte. Hier schon hatte er erkannt, daß das Gemisch vor dem Entzünden verdichtet werden mußte, daß im Totpunkte die Explosion eintreten mußte, und daß man das Ansaugen, Verdichten, Verbrennen und Auspuffen in einem Zylinder vornehmen kann. Besonders die heftigen Zündstöße, mit denen auch schon Lenoir sehr zu kämpfen hatte, ließen ihn dies Verfahren damals als aussichtslos aufgeben.

Aber in Otto hatte sich der Gedanke, eine brauchbare kleine Kraftmaschine zu erfinden, so festgesetzt, daß auch diese Enttäuschungen ihn nicht vermochten, seine Pläne fallenzulassen. Er suchte auf anderen Wegen das Ziel zu erreichen. Er erinnerte sich, daß bei seiner ersten kleinen Versuchsmaschine sich die verbrannten Gase wesentlich mehr abgekühlt hatten, als er damals glaubte erwarten zu dürfen. Statt wie bisher durch die Explosion des Gases unmittelbar den Kolben zu treiben, wollte er jetzt die Arbeitsleistung dem äußeren Luftdruck überlassen und mit Hilfe explodierbarer Gasgemische einen luftverdünnten Raum unter dem Arbeitskolben erzielen. Er ging also auf die atmosphärische Maschine zurück. Die erste Form, die er für diese Aufgabe fand, zeigt Abb. 2. Auch hier finden wir zwei Kolben,

einen Arbeits- und einen freiligenden Kolben verwandt. Den Arbeitskolben hat er wie bei einem Pumpenkolben mit einem sich selbsttätig schließenden Ventil ausgerüstet. Wenn der Fliegerkolben durch die Explosion emporschoß, wurde die Luft, die sich zwischen beiden Kolben befand, durch dieses Ventil ausgetrieben. Unter der Einwirkung des äußeren Luftdrucks schloß es sich, und der Arbeitskolben wurde dann wieder abwärtsgetrieben, da durch die Überexpansion und die Abkühlung der Verbrennungsgase unter dem Fliegerkolben ein Unterdruck im Zylinder erzeugt wurde. In der hohlen Kolbenstange des Arbeitskolbens aber entstand durch die kolbenartig geführte Kolbenstange des fliegenden Kolbens ein Luftkissen, das die Stöße bei der Bewegung des fliegenden Kolbens aufnehmen sollte. Für die Zu- und Abführung der Gase dienten bronzene Schieber.

Die Versuche mit dieser kleinen atmosphärischen Gasmaschine genügten Otto so weit, um nun energisch bemüht zu sein, sich einen möglichst weitreichenden Schutz durch Patente zu verschaffen. Die Patente erhielt Otto in England, Belgien und Frankreich. In Deutschland war es sehr schwierig, da ein einheitlich deutsches Patentgesetz noch nicht bestand, man sich also gewissermaßen an die vielen deutschen Einzelstaaten wenden mußte. Eine ganze Anzahl solcher deutschen Patente wurde Otto erteilt. Besondere Schwierigkeiten machte ihm Preußen. Hier war die amtliche Stelle, die sich mit der Begutachtung zu beschäftigen hatte, die Königlich Preußische Technische Deputation für Gewerbe, die es als ihre Aufgabe ansah, möglichst kritisch den Gesuchen um Patenterteilung gegenüberzutreten. So selten wie möglich Patente zu erteilen, war damals das Bestreben der preußischen Behörden. Die technische Deputation bemängelte zunächst, daß der Erfinder nicht angegeben habe, wie er die Abkühlung des Zylinders bewirkte und wie die verbrannten Gase zu beseitigen seien. Es handle sich keineswegs um die Erfindung eines neuen Arbeitsprozesses. Der Unterschied gegen die atmosphärische Dampfmaschine sei vielmehr nur darin zu sehen, daß der „Bittsteller" zur Erzeugung des Vakuums noch einen zweiten Kolben benutze. Aber auch ähnliche Anordnungen seien, wenn auch zu anderem Zwecke, benutzt worden, und so entschloß sich die Mehrheit der Deputation, dem Ministerium zu empfehlen, das Gesuch Ottos abzulehnen. Aus Ottos Entgegnung auf diesen ablehnenden Bescheid erfahren wir, daß diese Versuchsmaschine tatsächlich bereits mehrere Monate gelaufen ist, und daß er aus den Erfahrungen, die er bisher mit der Versuchsmaschine gewonnen habe, überzeugt sei, auf diesem Wege lasse sich eine für die Industrie brauchbare Kraftmaschine schaffen.

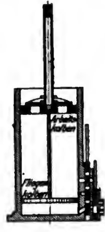


Abb. 2. Atmosphärische Gasmaschine. Erste Ausführung von Otto.

So war Otto in der Zeit von Ende 1861 bis Anfang 1864 mit seinen Arbeiten bis dahin gelangt, daß er weittragende Patente in den wichtigsten Industrieländern auf seine kleine atmosphärische Gaskraftmaschine bekommen hatte, die inzwischen auch einen mehrmonatigen Betrieb glücklich überstanden hatte.

Die Ausnutzungsmöglichkeit seiner Erfindung erschien durch die Patente zunächst gesichert. Wenn aber Otto glaubte, daß damit das Schwerste überstanden war, so mußte er diesen Irrtum nur zu bald erkennen. Denn das Maschinchen, das als Ergebnis der Arbeiten bisher entstanden war, ließ nur allzusehr merken, daß es sich hier um die Ausführung der Idee eines Erfinders handelte, der irgend-

welche eigenen Erfahrungen und Kenntnisse im Maschinenbau sich noch nicht hatte erwerben können. Noch weit war der Weg, der von der kleinen Versuchsmaschine zur wirtschaftlich verwertbaren Kleinkraftmaschine führte.

Vor allem galt es zunächst, die erlangten Patente zu verwerten, sei es, daß man die Erlaubnis zum Ausnutzen an andere Firmen verkaufte, oder daß man selbst anfing, die Versuchsmaschine zu einer marktfähigen Kraftmaschine auszubilden und zu verkaufen. Otto mußte sich nicht nur nach einem Geldgeber, sondern auch nach einem Mitarbeiter umsehen, der, wenn möglich, die Kenntnisse in technischer Beziehung mitbrachte, die ihm nach seinem Ausbildungsgange abgingen. James Watt hatte, als er darangehen mußte, seine Dampfmaschine industriell auszugestalten, das Glück, in Matthew Boulton einen Unternehmer großen Stils mit reichen Geldmitteln zu finden, der auch durch seine großen technischen Kenntnisse und vor allem durch seine geschäftliche Begabung und seine weitreichenden industriellen Beziehungen so ungemein viel zu dem großen Erfolge, der nach jahrelangen Arbeiten schließlich erreicht wurde, beigetragen hat. Das gleiche Glück ist auch Otto zuteil geworden, als er den Kölner Ingenieur Eugen Langen für die Mitarbeit an seinen Erfindungen gewann. Von dem Tage an, als diese beiden Männer sich fanden, datiert der erste Abschnitt in der industriellen Verwertung der Ottoschen Erfindung.

Eugen Langen. Seine Verbindung mit Otto. — Die Begründung der Firma und die Ausgestaltung der atmosphärischen Gasmaschine.

Die Familie Langen, die in der Industriegeschichte des Rheinlandes eine hervorragende Stellung einnimmt, stammt aus dem Bergischen Lande. Hier wirkten zu Anfang des vorigen Jahrhunderts Vater und Sohn gleichen Namens, Johann Jacob, als Schullehrer kleinerer Dorfgemeinden. Der Sohn gab im Jahre 1816 als 22jähriger Bräutigam seinen Beruf auf, als ihm die Familie seiner Braut eine Stellung als Handlungsgehilfe in dem alten Solinger Handelshause von Schimmelbusch & Joest vermittelte. Fünf Jahre später finden wir ihn als Prokuristen dieses Hauses und nach weiteren elf Jahren als Teilhaber der Kölner Zuckerraffinerie dieser Firma. Hier in Köln wurde ihm im ersten Jahre seines Aufenthaltes, am 9. Oktober 1833, als fünfter Sohn Eugen Langen geboren, der berufen sein sollte, in gemeinsamer Arbeit mit Otto die erste allgemeine verwendbare Verbrennungskraftmaschine zu schaffen.

Eugen Langen genoß eine sorgfältige Erziehung. Im alten von Sandtschen Stammhause auf der Severinstraße in Köln, das sein Vater in den dreißiger Jahren erwerben konnte, verlebte er seine Kinderjahre im Kreise einer zahlreichen Kinderschar. Er besuchte die Volksschule und dann die Realschule seiner Heimatstadt. Für die alten Sprachen hatte er nicht viel übrig, den neuen Sprachen und vor allem den Naturwissenschaften war er mehr gewogen. Mit einem gerade nicht glänzenden Abgangszeugnis entlassen — „recht gut" hatte er nur im Turnen — ging er im Herbst 1850 als 17jähriger Student an das Polytechnikum in Karlsruhe, das sich damals unter den deutschen technischen Lehranstalten eines besonderen Ansehens erfreute. Bedeutende Lehrer, Redtenbacher an der Spitze, hatten es verstanden, ihre Hörer mit dem Geiste freudiger Hingabe an den technischen Beruf zu erfüllen. Auch Langen hat sich diesem Einflusse nicht entzogen. Er hat sich in seinen späteren

Lebensjahren immer wieder an die große Persönlichkeit Redtenbachers mit besonderem Danke erinnert und anerkannt, daß die Grundlage seiner erfolgreichen Ingenieurtätigkeit durch die Karlsruher Hochschulzeit geschaffen worden sei. Dies ist um so bemerkenswerter, als die Karlsruher Ausbildungszeit zu einer nennenswerten Vertiefung in technischen Spezialkenntnissen nicht ausreichen konnte. Als ihn sein Vater nach einer schönen, aber auch fleißigen Studentenzeit zu seiner Hilfe nach Hause rief, da sagte Redtenbacher beim Abschiede zu dem jungen Studenten: „Schade, daß Sie so früh wieder weggehen; aus Ihnen hätte sonst noch einmal etwas Rechtes werden können". Die späteren Leistungen Langens haben dann augenscheinlich die Erwartungen seines Lehrers übertroffen.

Langen hat es als Glück angesehen, daß er besonders die Mechanik und die Physik in ihren Grundzügen von der Schule mitbekommen hatte. Mit diesen Kenntnissen hat er sich dann auch auf den neuen Gebieten, die er zu bearbeiten hatte, zurechtgefunden, für die unmittelbar verwendbare Kenntnisse ihm keine Hochschule hätte mitgeben können.

Während der Ferien und vor allem auch nach dem Studium hieß es jetzt, sich praktische Kenntnisse im Maschinenbau zu erwerben. Auch als Puddler arbeitete Langen praktisch auf der Friedrich-Wilhelm-Hütte in Troisdorf. Gerade der praktischen Tätigkeit hat er sich mit wahrem Feuereifer unterzogen und später rückblickend auf seine Ausbildungszeit immer wieder anerkannt, wieviel er diesem praktischen Arbeiten verdanke. Nicht nur eine große Zahl technischer Kenntnisse erwarb er sich, sondern hier lernte er auch den Wert der Arbeit selbst schätzen; hier lernte er den Arbeiter kennen. Wenn ihm später seine hervorragende Fähigkeit nachgerühmt wurde, die Arbeiter zu verstehen und mit ihnen verkehren zu können, so hat er zu dieser Eigenschaft hier den Grund gelegt. Er erwarb sich eine Achtung auch vor der geringsten nutzbringenden Tätigkeit, und er lernte die große Bedeutung des geistig fortgeschrittenen, fähigen, arbeitsfreudigen gelernten Facharbeiters für die industrielle Entwicklung kennen. Seit jener Zeit hat sich Langen stets eine ganz besondere Vorliebe für das in den Betrieben großer Firmen sich abspielende praktische Leben bewahrt.

Auf der Friedrich-Wilhelm-Hütte konnte er auch zum ersten Male seine große erfinderische Begabung zeigen, die ihn befähigte, für aus der Praxis entstehende Fragen brauchbare technische Lösungen zu finden. Hier entstand die unter dem Namen „Langenscher Etagenrost" bekannte Konstruktion mit dem Ziel einer rauchfreieren, wirtschaftlicheren Verbrennung. Er begnügte sich aber nicht damit, die Konstruktion durchzuführen, sondern er suchte sie auch in die Praxis einzubürgern. Große Reisen nach Spanien, England und Frankreich unternahm er, die zugleich für seine weitere Ausbildung als Ingenieur und Unternehmer zu wertvollen Studienreisen wurden, um die Vorteile seiner Erfindung klarzulegen und die Einführung in die Betriebe vorzubereiten.

Eugen Langen, der erste Ingenieur in seiner Familie, suchte aber seine technischen Kenntnisse auch in den anderen Unternehmungen seines Vaters, vor allem in der Zuckerraffinerie, zu verwerten. Er übernahm die Leitung des Betriebes der väterlichen Firma von J. J. Langen & Söhne und hat auf diesem Gebiete im Laufe der Jahre eine ganz hervorragende Tätigkeit entfaltet.

In vielen Beziehungen trat er als Erfinder auf, dann aber verstand er es auch, sich die Ideen anderer Erfinder nutzbar zu machen. Zunächst konstruierte Langen eine neue Wäsche zur Wiederbelebung der Knochenkohle und einen Glühofen

mit mechanischer Beschickung und Entleerung der Darre. Dann erkannte Eugen Langen schon damals, wie notwendig es sei, den Rohzucker im Lande selbst herzustellen. Emil Pfeifer, der Besitzer einer großen Zuckerfabrik in Köln, bewilligte die Geldmittel zum Bau einer Rübenzuckerfabrik. Auch hier übernahm Langen die technische Leitung. Wenn wir dann noch hinweisen auf die große Bedeutung des Zentrifugen-Verfahrens, durch das Langen der ganzen Zuckerraffination neue Bahnen wies, so ersehen wir auch daraus schon, welche technische und industrielle Leistungsfähigkeit dem Manne eigen war, der nun begann, sich für die Entwicklung der Gasmaschine zu interessieren.

Langen hatte sich nach Erfindung seines Etagenrostes in Köln als Zivilingenieur selbständig gemacht, und es war bald im Kreise seiner Freunde bekannt, wie lebhaft er sich für alles interessierte, was auf dem Gebiete der Technik neu und patentfähig war. Allerdings vom bloßen Erfinden hielt Langen recht wenig, denn er erkannte, welche Geistesarbeit, welche Energie und Zähigkeit dazu gehörte, um den Weg von der Idee zur industriellen Verwertung zurückzulegen. „Erfinde stets, doch werde kein Erfinder, in Arbeit such dein Glück, sonst darben deine Kinder", pflegte er zu sagen, wenn man über diese Fragen sprach.

Bei dem Interesse, das man bei Langen für jede neue technische Frage voraussetzen konnte, lag es nahe, ihn auch auf den Erfinder Otto aufmerksam zu machen, der ja eifrigst damals in Köln nach Männern suchte, die ihm bei der Durchführung seiner Ideen behilflich sein konnten. Im Februar 1864 sind die beiden Männer, deren Namen auf alle Zeiten unzertrennlich mit der Geschichte der Gasmaschine verbunden sein werden, persönlich miteinander bekannt geworden. Langen erkannte bald, welche Bedeutung eine brauchbare Kleinkraftmaschine im industriellen Leben erlangen könne. Zugleich aber sah er, wie weit man technisch von diesem Ziele noch entfernt war. Schwierigkeiten, die zu überwinden waren, aber wirkten auf Langen stets besonders anreizend, und so entschloß er sich denn bald, mit Otto eine Gasmaschinenfabrik ins Leben zu rufen. Man wollte also anfangen zu fabrizieren. Vor allem aber, und das lag auch Langen ebenso wie Otto besonders nahe, wollte man mit aller Energie darangehen, die erworbenen Patente so hoch wie möglich zu verkaufen. In diesen Patentverwertungsfragen der ersten Entwicklungsjahre der jungen Firma macht sich zuweilen ein glänzender Optimismus bemerkbar, der allerdings immer wieder enttäuscht werden sollte, bis man schließlich erkannte, daß nicht in dem Verkauf der Patente, sondern in dem Verkaufen marktfähiger Maschinen die großen Gewinnmöglichkeiten des Unternehmens lagen.

Aus dem am 31. März 1864 geschlossenen Vertrage, der als die erste rechtliche Grundlage einer Spezialfabrik für Gasmaschinen ein besonderes geschichtliches Interesse hat, entnehmen wir, daß die Firma unter der Bezeichnung: „N. A. Otto et Comp." als Fabrik für Gasmaschinen gegründet wurde. Langen trat nur als Kommanditist ein und haftete deswegen auch nur bis zum Betrage seiner nach und nach einzuzahlenden Einlage von 10 000 Talern. Diese Summe war mit 5 vH zu verzinsen, der Vertrag wurde zunächst auf 5 Jahre abgeschlossen. Otto brachte in die Gesellschaft sein englisches und belgisches Patent, seine Patente von deutschen Einzelstaaten und sein österreichisches Patent auf die Gasmaschine mit ein, aber nicht sein französisches Patent, das wohl als besonders aussichtsreich einzuschätzen war, weil in Frankreich die Lenoirschen Erfindungen schon für die Gasmaschine vorgearbeitet hatten.

Die Auslagen für diese Patente von zusammen 541 Talern und 3 Groschen wurden Otto vergütet. Otto hatte sich inzwischen auch eine kleine Werkstätte im Hause Gereonswall Nr. 61 eingerichtet, in der eine Gasmaschine im Betrieb und zwei im Bau waren. Der Wert dieser drei Gasmaschinen wurde auf 660 und die Werkzeuge auf 800 Taler geschätzt. Wir erfahren dann, daß Otto noch eine Drehbank für 300, eine Hobelmaschine zu 200 Talern hatte; die kleinen Werkzeuge und Materialien wurden ebenfalls auf 200 Taler geschätzt. Die Transmission und zwei Induktionsapparate sollten je 50 Taler kosten. Im ganzen brachte also Otto 2001 Taler und 3 Groschen in die Firma ein. Er hatte aber auch bereits 3000 Taler an seinen Vorversuchen verbraucht, die er sich hatte borgen müssen. Diese Schulden wurden aus der Einlage von Langen zunächst bezahlt.

Der Jahresgewinn sollte zu drei Fünftel Otto, zu zwei Fünftel Langen, nach fünf Jahren, wenn der Vertrag fortgesetzt wurde, aber jedem zur Hälfte gutgeschrieben werden. Diese Gewinne sollten allerdings zunächst zur Befestigung des ganzen Geschäftes verwandt werden. Otto hatte seine ganze Zeit dem Geschäfte zu widmen, neben seiner Tätigkeit als Erfinder übernahm er auch die Geschäftsführung. Zur Bestreitung seiner persönlichen Bedürfnisse durfte er monatlich 70 Taler aus der Kasse für sich entnehmen. Wenn mehr als die Hälfte der Langenschen Einlage verloren ging, dann sollte Langen sofortige Liquidation fordern können. Langen selbst war verpflichtet, so weit wie nur möglich die Firma und die Fabrikation der Gasmaschine mit seinen technischen und industriellen Kenntnissen und Erfahrungen zu unterstützen.

Die Verpflichtung, 10 000 Taler einzuzahlen, war für Langen persönlich damals nicht leicht zu erfüllen. Der Etagenrost trug ihm zwar schon Geld ein, aber Langen war verheiratet und hatte Familie, so daß es ihm nur durch die Firma seines Vaters und die befreundete Firma Schmidt & Pfeifer in Braunschweig gelingen konnte, das Geld aufzubringen. Deswegen wurde auch in dem Vertrage ein Satz aufgenommen, wonach die Eugen Langen zustehenden Rechte auf die beiden genannten Firmen je zur Hälfte übertragen wurden. Langen verpflichtete sich ferner, die ihm zufallenden Zinsen und Gewinnabschlüsse den Firmen je zur Hälfte gutschreiben zu lassen.

Nun war die Firma gegründet. Man konnte jetzt an die Aufgabe herangehen, aus der Ottoschen Erfindung eine marktfähige Maschine zu schaffen. Man mietete eine Werkstatt in Köln in der Servaesgasse 2, stellte einige Schlosser ein und suchte die Maschine auszugestalten. In der äußeren Form hielt man sich noch möglichst getreu an die damals bekannten Formen stehender Dampfmaschinen, sogenannter Bockmaschinen. Die Abb. 3 bis 5 lassen diese ersten, in der neuen Werkstatt gebauten atmosphärischen Maschinen erkennen.

Die größte Schwierigkeit lag in der Übertragung der Kraft auf die Arbeitswelle der Maschine. Wenn der Kolben wie aus der Kanone geschossen emporflog, dann durfte er nicht auf die Welle wirken. Erst wenn der äußere Luftdruck den Kolben herabdrückte, sollte diese Arbeitsleistung auf die Welle übertragen werden. Alle die Vorrichtungen, die hierfür ersonnen wurden, befriedigten nicht. Fast zwei Jahre arbeitete man an der Lösung dieser Aufgabe, und immer aussichtsloser erschien sie; alle die Sperrklinken, die man anzuwenden suchte, zerbrachen, keine der Konstruktionen wollte zur Zufriedenheit arbeiten. Das lag vor allem auch an der Unzulänglichkeit der Werkstättenausführung. Man hatte nicht für eine solche genaue Arbeit ausreichend gewöhnte Arbeiter. Auch die Werkzeuge und Maschinen,

die man zur Verfügung hatte, genügten nicht. Fast schien es wieder, als ob, wie so oft in der Geschichte der Technik, an den Ausführungsschwierigkeiten die Erfindung Schiffbruch leiden sollte. Langen selbst wollte fast an dem glücklichen Gelingen damals verzweifeln. Jedenfalls war er nicht bereit, nun immer wieder neue Kapitalien in das Unternehmen hineinzustecken, wenn nicht größere Vorteile dem großen Wagnis gegenüberstanden. Ottos Gasmaschine hatte sich doch bei weitem noch nicht als so fertig gezeigt, als man bei Abschluß des ersten Vertrages beiderseits angenommen hatte. Man entschloß sich deshalb, diesen Verhältnissen Rechnung tragend, im Dezember 1865 den Vertrag zu ändern. Langen wurde jetzt die Hälfte eines zukünftigen Reingewinns zugebilligt, und auch die Verwertung des französischen Patentes wird mit in den Vertrag aufgenommen.

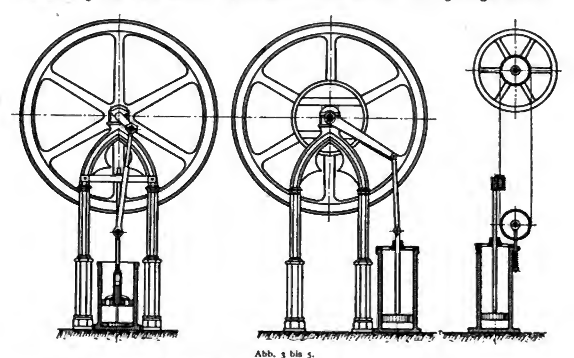


Abb. 3 bis 5.
Erste Bauarten der atmosphärischen Gasmaschine 1864.

Langens technische Mitarbeit hatte sich als so wertvoll herausgestellt, daß man jetzt die Bestimmung aufnahm, daß alle neuen Patente nach vorheriger Vereinbarung auf beide Namen genommen werden sollten. Auch neue Ideen und Versuche sollten nur nach gegenseitiger Besprechung und mit beiderseitigem Einverständnis durchgeführt werden. Das Anrecht an allen Verbesserungen sollte sich zu gleichen Teilen auf beide Inhaber der Firma erstrecken. Dafür erklärte sich Langen bereit, wie bisher die zur Fortführung der Firma nötigen Mittel herbeizuschaffen.

Langen wurde es damals sehr schwer, weitere Geldmittel für die Gasmaschinenfabrikation flüssig zu machen. Er hatte sich schon mit 21 Jahren verheiratet. Als er 1856/57 im Kölner Pionier-Bataillon als Einjähriger diente, war ihm der erste Sohn geboren worden. Seine Familie wuchs, und es war zu verstehen, wenn er in der Sorge um seine Familie nicht alles mit dem Etagenrost verdiente Geld in eine zunächst noch so unsicher erscheinende Unternehmung festlegen wollte. Aber schließlich siegte doch der Glaube an die Zukunft der Gasmaschine, und im Mai

1866 unterschrieb Langen den neuen Vertrag. Allerdings fügte er hinzu, daß er die Verpflichtung, das nötige Geld zu beschaffen, nur so lange anerkennen könne, als er sich von der Fortführung des Geschäftes noch irgendwelchen Erfolg verspräche. Otto suchte ihn damals über die Verluste, die bisher eintraten, dadurch zu beruhigen, daß er ihm versicherte, nach genauer Bilanz erreichten die Verluste noch nicht die Hälfte der Langenschen Einlage.

Diese Geldnot der Firma veranlaßte auch wieder, mit besonderer Energie an den Verkauf der Patente im Auslande zu denken. Da heißt es in einem Briefe: „. . . . da wir seit einigen Jahren nur Geld ausgegeben, aber nichts eingenommen haben, geht es uns darum, eigenes Kapital zu bekommen." Man verlangte nicht weniger als 4000 £ und 2 £ Lizenzgebühr für die Pferdekraft. Für 6000 £ wollte man auch ohne Lizenzgebühr das Patent verkaufen. Die Engländer boten 500 £. Auch hier wieder zerschlugen sich die Verhandlungen.

Inzwischen war man aber doch so glücklich gewesen, wenigstens die erste Maschine verkaufen zu können. Ein Mechaniker Schetter in Köln hatte den Mut, eine solche atmosphärische Gasmaschine in seinem Betriebe aufzustellen. Er machte gute Erfahrungen damit; nach Jahren konnte er der Firma bescheinigen, daß die Maschine sich tadellos bewährt habe, daß sie ihm drei Raddreher ersetze, wodurch er 40 Taler monatlich erspare. Auch aus einem Briefe Langens an ein Londoner Patentbureau von 1865 erfahren wir einiges über die damaligen Verhältnisse.

„Seit fünf Jahren beschäftigen wir uns schon mit der Sache und sind erst seit einigen Wochen über alle Schwierigkeiten hinweggekommen. Wir haben eigens für unsere Zwecke eine Werkstätte, in welcher das Exemplar, an welchem experimentiert wird, sich fortwährend als Motor für unsere Drehbank usw. im Betrieb befand. Eine zweite Maschine, welche verkauft, ist in der Montage begriffen und hat nach in der Werkstätte gemachten Bremsversuchen zwei PS."

Die Verbesserungen, die man inzwischen angebracht hatte, suchte man sich wieder durch Patente zu schützen. Jetzt erlangte man auch in Preußen ein Patent und in England ebenfalls neue Patente. Auch einige Anfragen in Deutschland nach Vergebung von Lizenzen zeigten ein erwachendes Interesse für die Gasmaschine. Im Juni 1866 wurde an den Kölner Bandagisten Hunzinger die zweite Gasmaschine glücklich verkauft.

Inzwischen erfüllte der Krieg von 1866 die deutsche Industrie mit großer Sorge. Ein Brief Langens an Tiemann, den Erbauer einer der ersten Probemaschinen, zeigt, wie gedrückt die Stimmung damals war.

„Es ist eine verhängnisvolle Zeit, in der wir leben; was die nächsten Monate bringen, weiß Gott, und glücklich mag sich der noch schätzen, der wie Sie nicht für Frau und Kind zu sorgen, sondern nur auf seine eigene Person Bedacht zu nehmen hat. Sie werden mit Recht sagen, es sei dies ein schlechter Trost und eine wenig erfreuliche Antwort auf Ihre gestrigen freundlichen Zeilen. Ich weiß Ihnen aber heute wahrlich keine andere Antwort. Mit der Gasmaschine geht es immer noch langsam. Die, welche dort gemacht worden ist, hat noch verschiedene Studien durchgemacht, und wir stehen auf dem Punkt, diese noch vielfach geänderte Maschine bei dem hiesigen Mechaniker Hunzinger zu montieren. Um Aufträge haben wir uns noch nicht bemüht, und die Bemühungen, die wir jetzt machen, werden, wie ich fürchte, ohne Resultat sein. Auf Lager wollen wir auch nicht arbeiten, und nun können Sie sich denken, was geschehen wird."

Inzwischen war auch der Plan aufgetaucht, die atmosphärische Maschine auf der großen Pariser Weltausstellung 1867 der weitesten Öffentlichkeit vorzuführen. Es war ein großes Wagnis, gerade mit einer solchen neuen Erfindung an den Ort

zu gehen, in dem die Gasmaschine durch Lenoir und durch den Konstrukteur Hugon in Paris konstruktiv schon so weit entwickelt war, daß sie großes Aufsehen in der ganzen Fachwelt erregen konnte. Man arbeitete emsig in der Werkstatt. Man hatte sich auch vorher schon um Rat und Gutachten an Hirn nach Logelbach gewandt, der sich für die Erfindung lebhaft interessierte. Vor allem aber stand Langen mit seinem Karlsruher Studienfreunde F. Reuleaux in engstem Briefwechsel über die weitere Entwicklung der Maschine, und die kinematischen Aufgaben, die hier von Langen besonders durch das Schaltwerk, das von ihm herrührt, zu lösen waren, mögen den großen Gründer der wissenschaftlichen Kinematik ausnehmend interessiert haben.

Wir erfahren aus dem Briefwechsel jener Zeiten, daß man den Hauptvorteil darin sah, daß die Otto- und Langenschen Maschinen gegenüber den Lenoirschen zuverlässiger im Betriebe seien, kaum halb soviel Schmiermaterial und kaum ein Drittel soviel Gas verbrauchen. Der Schmierölverbrauch solle nicht höher sein als bei der Dampfmaschine. Verbesserungen, die man anzustreben suchte, lagen in der Richtung der Geräuschverminderung, die allerdings sehr nötig war. Dann wollte man die Leistung dadurch erhöhen, daß man mehrere Zylinder in einer Maschine vereinigte, und man dachte auch schon daran, von der stehenden Anordnung auf schräg- und wagerechtliegende Zylinder überzugehen. Man begann sich auch bereits für andere Betriebsmittel neben dem Leuchtgase zu interessieren. Langen schrieb 1896 an eine Firma nach England:

„Ich glaube nicht zuviel zu versprechen, wenn ich der Ansicht bin, daß es uns gelingt, eine Gaspferdekraft ebenso billig wie eine Dampfpferdekraft zu erzeugen. Die Hauptsache war, eine Maschine zu bekommen, welche explosionsfähige Gasgemenge zweckmäßig verwertet, und diese Aufgabe ist gelöst. Billige Gasarten zu suchen, ist viel leichter. Dann erst wird man Interesse haben, größere Maschinen zu bauen."

Über weitere Veränderungen und Versuche an der atmosphärischen Maschine schrieb damals Langen:

„Wir sind dazu übergegangen, die Zylinder der Maschine anstatt weit und niedrig eng und hoch zu machen; infolgedessen nimmt die Maschine wenig Raum ein, und die Achse, welche ein leichtes Schwungrad dreht, macht 80 bis 90 Umdrehungen statt früher 30 bis 40."

Auch eine Preistabelle stellte man nunmehr auf, aus der wir ersehen, daß man Maschinen von $^1/_2$, 1 und 2 PS ausführen wollte, die 275. 350 und 450 Taler kosten sollten. Man garantierte 25 bis 30 Kubikfuß Gas für die Pferdekraftstunde (0,75 bis 0,95 cbm). Auch an der Zündung fing man schon 1866 an, Änderungen vorzunehmen. Man beseitigte die elektrische Batterie und führte die Flammenzündung ein, um, wie es in einem Briefe heißt, „die Maschine für den Kleinindustriellen viel leichter in der Handhabung zu machen".

Das Wesentlichste aber war, daß es nunmehr 1866 Langen gelang, das Schaltwerk so zu verbessern, daß es den Anforderungen mehr als bisher entsprach. Eugen Langen selbst hat in einem Vortrage, den er am 19. August 1867 im Kölner Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure gehalten hat, darauf hingewiesen, wie gerade

„die Herstellung und Auflösung der Verbindung zwischen dem Kolben und der zu treibenden Achse die meisten Schwierigkeiten gemacht habe. Man suchte diese Aufgabe anfänglich durch zwei Kolben zu lösen, von denen der untere durchbrochen und mit der Kurbel des Schwungrades fest verbunden war, während der obere, „der Flugkolben", sich lose auf der Kolbenstange des ersteren bewegte und beim gemeinschaftlichen Niedergange der beiden Kolben die Öffnungen desselben schloß; später versuchte man

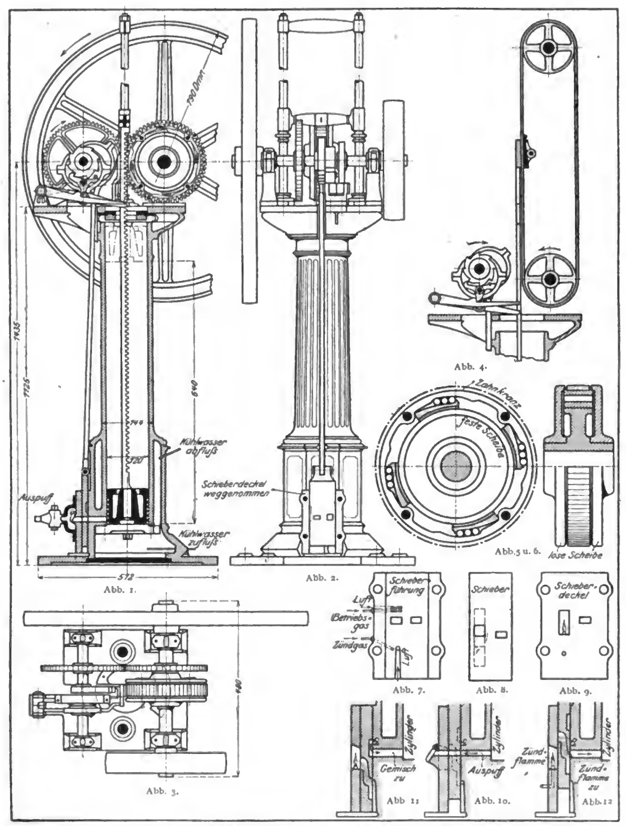
die Kurbel lose auf die Schwungradwelle zu setzen und nur beim Niedergange durch eine Sperrklinke damit zu verbinden, allein es war nicht möglich, eine solche zu konstruieren, welche dem plötzlichen Angriff Widerstand geleistet hätte; ebensowenig gelangen Versuche, statt der Sperrklinke eine Scheibe mit Rand und ein auf diesen wirkendes Exzentrik oder zwei Exzentriks und Gleitbacke anzuwenden, um so zwei Angriffspunkte an dem Rande der Scheibe zu erzielen."

Die Maschine, wie sie auf der Pariser Ausstellung war, zeigte bereits das „Schaltwerk", über das auch schon 1866 Langen ausführlich an Reuleaux berichtet hatte. Im wesentlichen besteht es, wie die Abb. 1 und 2 sowie 5 u. 6 der Tafel 1 erkennen lassen, aus zwei lose auf der Welle sitzenden Scheiben, die mit einem Zahnkranze verbunden sind, der in der verzahnten Kolbenstange eingreift. Innerhalb dieses Zahnkranzes, also zwischen den beiden losen Scheiben, sitzt die Scheibe, die mit der Welle fest verbunden ist. Zwischen Zahnkranz und fester Scheibe sind Schrägflächen und Rollen so angebracht, daß eine Kupplung des in die Kolbenstange eingreifenden Zahnkranzes mit der Festscheibe nur bei Abwärtsbewegung der Kolbenstange eintreten kann. In diesem Falle klemmen sich die Rollen zwischen den Keilflächen fest und bewirken so die Kupplung. Beim Aufwärtsgange können sich die Rollen nicht festklemmen, es findet also eine Kupplung nicht statt. Die übrigen Einzelheiten der Maschine, die Steuerung durch Schieber, die von Exzentern bewegt werden, die langen Führungsstangen, zwischen denen brillenartig die Kolbenstange geführt wird, die säulenartige Ausbildung des Zylinders und Maschinengestells, Einrichtung der Zündung, alle diese typischen Einzelheiten dieser ersten Maschine ergeben sich aus den Darstellungen auf Tafel I, Seite 13. Diese Zeichnungen entsprechen der Pariser Ausstellungsmaschine. Ein Hahn, der in der Gasleitung eingeschaltet ist, gestattet, das Verhältnis von Gas und Luft zu regulieren. Reguliert wird durch Droßlung der Abgase.

Für den Fall, daß man die Arbeit des niedergehenden Kolbens unmittelbar auf eine Welle übertragen wollte, war eine besondere Kupplungseinrichtung, die mit einem Riemenzuge in Verbindung stand, ausgeführt worden, die Abb. 4, Tafel 1 darstellt. Die Kolbenstange ist hier nicht verzahnt, sie umfaßt mit einem Rahmen den einen Riemen. Hier ist ein Keil nun so eingeschaltet, daß eine Kupplung der Kolbenstange mit dem Riemen nur bei dem Abwärtsgange des Kolbens eintreten kann.

In dem erwähnten Vortrage gibt Langen noch an, daß Lenoirsche Maschinen etwa 2,8 cbm, die Hugonsche, 3,2 und die Langen-Ottosche nur 0,9 bis 1 cbm Gas für die Pferdekraftstunde verbrauchten. Bei längerem Gange haben die Lenoirschen Maschinen sogar 3 bis 4 cbm gebraucht. Mit diesen Angaben sind die großen Erfolge, die Otto und Langen auch in Paris erzielten, erklärt.

Die Pariser Ausstellung zeigte nicht weniger als 14 französische Gasmaschinen. Sie gefielen auch durch ihre der gewohnten Dampfmaschinenform angepaßte äußere Gestaltung. Daneben stand dann diese kleine Otto- und Langensche Maschine, die so ganz aus dem Rahmen dessen, was man kannte, herausfiel, und die durch ihr starkes Geräusch, durch den eigenartigen Anblick des emporschießenden Kolbens, durch das recht verwickelt aussehende Schaltwerk Fachmänner und Laien nicht gerade günstig beeinflußte. Auch das Preisgericht wäre wohl achtlos daran vorübergegangen, wenn nicht Langens Freund Reuleaux, der als deutscher Preisrichter auf der Ausstellung tätig war, mit größter Energie eine Prüfung verlangt hätte. Man könne eine solche neue Erfindung nicht durch eine flüchtige Be-



Tafel 1. Erste marktfähige atmosphärische Maschine vom Jahre 1866. Ausstellungsmaschine Paris 1867.

sichtigung kennenlernen. Hier handle es sich bei der Beurteilung der industriellen Brauchbarkeit nicht nur um das äußere Ansehen, sondern vor allem auch um den Gasverbrauch. Man sah ein, daß Reuleaux recht hatte, und entschloß sich zu eingehenden Gasverbrauchsversuchen zwischen der Lenoirschen- und der Otto- und Langenschen Maschine. Das Ergebnis war für alle die, die sich von der deutschen Maschine nichts versprochen hatten, eine ungemein große Überraschung. Der Gasverbrauch der Maschinen von Hugon, Lenoir und Otto verhielt sich wie 10 : 6 : 4. Damit verschob sich die ganze Beurteilung vollständig. Der so überraschend geringe Gasverbrauch der Ottoschen Maschine gab jetzt erst die Möglichkeit, den Kleingewerbetreibenden in der Tat auch eine billige Kraftmaschine zur Verfügung zu stellen. Das Preisgericht gab auf Grund dieser Versuche nunmehr Otto und Langen die goldene Medaille; Lenoir mußte sich mit der silbernen Auszeichnung zufrieden geben.

Atmosphärische
Gaskraft-Maschine
von
N. A. OTTO & Co.
in
CÖLN.

Patent-Inhaber
N. A. OTTO & EUGEN LANGEN.



Goldene Medaille,
erhalten auf der
Pariser Welt-Ausstellung
1867



Durch die atmosphärische Gaskraft-Maschine wird der kleinen Industrie eine bequeme und vortheilhafte Betriebskraft geboten.

Die Maschine darf in bewohnten Räumen ohne Concessions-Erlangung aufgestellt werden und erfordert wenig Raum. Der Betrieb derselben ist gänzlich gefahrlos und bedarf keiner besonderen Wartung.

Die Maschine wird getrieben durch Verbrennen von Wasserstoff oder Kohlen-Wasserstoff (Leuchtgas), dessen Entzündung ohne Anwendung von Electricität stattfindet. Das zur Kühlung des Cylinders angewendete Wasser bedarf keiner Erneuerung, seine Erwärmung übersteigt nicht 50°

Der Verbrauch von Leuchtgas beträgt pro Stunde und (gebremste) Pferdekraft, je nach Grösse der Maschine

durchschnittlich ca. 1 Cub.-Meter,

entsprechend weniger jedoch, wenn die Maschine nicht auf volle Leistung beansprucht wird.

Die Ausgabe für das consumirte Gas ist der einzige Kostenpunkt des Betriebs. Arbeitslöhne für die Bedienung der Maschine erwachsen in keiner Weise.

Die Maschinen werden zusammengesetzt versandt. Die Aufstellung und Inbetriebsetzung wird, gegen Vergütung der Reisespesen und Arbeitslöhne, durch geübte Arbeiter ausgeführt

Preis der Maschinen mit daran befindlicher Gasleitung, Abschlusshähnen und Gassammler, sowie Wasserbehälter und einiger Fuss Abzugsrohr für die Verbrennungsproducte

½ Pferdekraft	Thlr 375. —		mit Regulator Thlr. 40 höher.
1 »	» 475. —		
2 »	» 600. —		

ohne Verpackung, frei ab Cöln, netto comptant.

Für den Rahmen aus Eichenholz oder einen Stein, worauf die Maschine zu stehen kommt, hat der Empfänger zu sorgen.

Das war ein ungemein großer Erfolg, der die Aufmerksamkeit weitester Kreise auf die deutsche Gasmaschine lenkte. In allen Fachblättern wurde darüber berichtet, und bald kamen auch die ersten Anfragen, selbst aus Frankreich. Man bemühte sich um die Vertretung. Jetzt erschien auch das erste kleine Anzeigenblatt, das die Ansicht der Maschine und einen kurzen, nebenstehend wiedergegebenen Text enthält. Ein sehr bescheidener Vorläufer der heutigen umfangreichen Druckschriften der Firma. Auch die verschiedensten Fachgebiete dachten jetzt daran, die Gasmaschine ihrem eigenen Arbeitsbereich nutzbar zu machen. Sogar ein Landwirt wollte damals schon die Gasmaschine für die denkbar verschiedensten landwirtschaftlichen Zwecke benutzen, sobald die Firma auch einen billigen Gasentwicklungsapparat herstellen könne. Bis Ende August 1867 waren bereits 22 Gasmaschinen bestellt. „22 Stück, welche alle als Fühlhörner in die Welt gehen und nicht zwei Stück an denselben Platz", schrieb damals Langen an einen seiner Freunde. Auch nach dem Auslande gingen jetzt schon Maschinen, nach Wien, nach Budapest,

nach New York. Für die Aufträge, die nunmehr eingingen, reichten die kleinen bescheidenen Werkstätten bei weitem nicht aus. „Wir würden heute die zwei- bis dreifache Zahl an Bestellungen haben, wenn wir vor einigen Monaten hätten liefern können", schrieb damals Otto, und im folgenden Jahr 1868 führte er aus:

„Es ist hohe Zeit zu einer durchgreifenden Organisation des Verkaufsgeschäftes sowie der Anfertigung der Gasmaschine. Wir könnten mit wenig Reklame sicherlich bedeutenden Absatz erzielen, wagen aber hierzu nicht überzugehen, weil wir bis heute nicht dazu kommen konnten, die alten Aufträge zu effektuieren und weil wir nicht wissen, wie wir einer verstärkten Anfrage können gerecht werden."

Bei der großen Geldknappheit, unter der man noch ständig zu leiden hatte, wagte man gar nicht daran zu denken, alles selbst machen zu wollen. Im Sommer 1867 entschloß man sich, nur Rheinland und Westfalen sowie die „Südstaaten" selbst zu versorgen. Norddeutschland wollte man der Buckauer Maschinenfabrik in Magdeburg-Buckau, Ostdeutschland der Wilhelmshütte in Sprottau überlassen. Die eigenen Werkstätten, in denen man bisher drei Maschinen monatlich herstellte, sollten eine Maschine wöchentlich liefern. Otto stellte hierzu genaue Berechnungen auf, die aus dem Winter 1867 stammen und aus denen man ersieht, daß hierfür noch ein Betriebskapital von rund 12 000 Talern nötig war. Man brauchte noch 1 Hobelmaschine, 1 Räderfräsmaschine und 5 Drehbänke. Im ganzen wird man nach der geplanten Erweiterung 14 Arbeiter beschäftigen und 9 Jungens. Diese 14 Arbeiter erhalten täglich 12 Taler Lohn, die 9 Jungens 4 Taler, so daß man mit einer Lohnsumme von 16 Talern täglich auskommt. Für einen Ingenieur und Meister rechnet man 1500 Taler, für Miete 1200 Taler im Jahr. Die Zusammenstellung der Gesamtberechnung ergibt dann an Generalunkosten 5150 Taler, an Lohn bei 300 Arbeitstagen 4800 Taler, und der Materialwert der 50 Maschinen wird zu 4000 Taler angenommen, das ergibt zusammen 13 950 Taler. Die 50 Maschinen sollen je 400 Taler einbringen, also zusammen 20 000 Taler, und dann: „bleibt netto 6050 Reichstaler".

Aber woher sollten diese erheblichen Geldmittel genommen werden? Zunächst hoffte man wieder auf Patentverwertung. Man forderte jetzt für das englische Patent 150 000 Frs. netto Kasse oder 80 000 Frs. mit Gewinnbeteiligung. Für das belgische wollte man 80 000 Frs haben. Das französische schätzte man noch viel höher ein. Wirklich verkaufte man zunächst nur das kanadische für 3000 Taler Gold, zahlbar bei Aushändigung des Patentaktes; denn gerade dies Patent hatte man noch nicht.

Am 12. Dezember 1867 schreibt Langen an einen seiner Freunde über die Verwertungsmöglichkeiten der anderen Patente:

„Unsere Illusionen über brillante Verwertung auswärtiger Patente sind auf das nüchternste Maß zurückgeführt, mehrere Anläufe sind an den vernünftigen und höchst soliden Anschauungen der Leute gescheitert, welche das Geld geben sollten. — Unser französisches Patent wird jetzt von potenten Händen aufgenommen in solidester Art exploitiert werden, aber bar Geld sehen wir nicht, bevor es verdient ist."

Seine Freunde trösten ihn damit, daß die Zeit doch nicht ganz verloren sei, die Maschine werde wenigstens auf diesem Wege rascher bekannt.

Langens finanzielles Verhältnis zu der Firma wurde damals wesentlich gestärkt. Sein Vater, sowie Schmidt & Pfeifer, die die erste große Einlage Eugen Langen für das Geschäft zur Verfügung gestellt hatten, lösten im August 1867 das direkte Verhältnis zur Firma und setzten Langen in ihre Rechte ein.

Langen schrieb damals an seinen väterlichen Freund Schmidt in Braunschweig:

„Die Gasmaschine hat bis heute alle die pomphaften Versprechungen, welche ich im Übermut daran knüpfte, nicht erfüllt, und wenn auch mein Glauben an die Sache nicht im geringsten erschüttert, so schäme ich mich doch, hätte ich Ihnen schreiben sollen, ohne Ihnen ein klingenderes Resultat melden zu können, und in diesem Gefühl nehme ich herzlichst dankend Ihren Austritt aus unserer Gemeinschaft an unter der Bedingung, daß ich in Ihre Rechte trete ... N. A. Otto haben, wie Ihnen bekannt, bisher nur mit Verlust abschließen können ... Vater hat mir in gleicher Liebe auch seinen Anteil abgetreten, was ich ebenso dankbar und unter ebensolchen Bedingungen angenommen habe."

Und einige Monate später schreibt Langen an Reuleaux:

„Du weißt, wie viel Aufregungen und wie viel bitteren Ärger ich schon gehabt habe, und ich speziell bin es meiner Familie und mir schuldig, meinem Nervensystem vor der Hand nicht mehr zuzumuten."

Trotz des großen Erfolges auf der Pariser Ausstellung schien nunmehr doch alles wieder in Frage gestellt. Die ersten Maschinen, die hinausgingen, befriedigten keineswegs überall. Besonders die Lizenznehmer, vor allem Andreae, der Leiter der Buckauer Maschinenfabrik, waren gar nicht zufrieden. Andreae schrieb am 4. Dezember 1867 an Langen:

„Es würde mir der versprochene Besuch Ihres Herrn Otto sehr angenehm sein; da ich demselben auch mit Gewißheit zum künftigen Montag entgegensehe, so schicke ich einstweilen die gewünschten 2 PK M. (Bezeichnung der 2 pferdigen Gasmaschinen) nicht. Überhaupt dürfte es sich kaum lohnen, dieselben wegzuschicken, ehe Sie in Köln die Konstruktion definitiv festgestellt haben. Wir erhielten kürzlich die Konstruktionszeichnung zum Schaltwerk und finden, nachdem wir Massen von Teilen zu solchen verworfen haben, auch das jetzige nicht dauerhaft genug, da unsere Maschine, die nun zwei Jahre ohne besonderen Unfall gegangen hat, eben an einem Bruch eines Schaltwerkteiles hoffnungslos darnieder liegt. Dieses Schaltwerk war allerdings nicht genau nach der Zeichnung, sondern es war unter Benutzung alter Teile bestmöglich in die neue Konstruktion umgewandelt. Nach allem, was ich nun mit den Gasmaschinen erlebt, kann ich Ihnen nicht verhehlen, daß ich dieselben in der jetzigen Form für durchaus unsolide und für den beabsichtigten Zweck zu kompliziert finde. — Eine solche Maschine in Gang zu setzen, erfordert mehr Gewandtheit, als beim Betrieb der Calor-M. (Heißluftmaschine) notwendig ist. Letztere sind weniger Reparaturen unterworfen, und haben wir wenigstens mit einer $^1/_2$ PK Calorischen viel mehr treiben können als mit einer ihrer Gasmaschinen. Dieses sind meine Ansichten von der Gasmaschine, und hoffe ich, H. Otto wird mich eines Besseren belehren. — Hinsichtlich des Preises dieser Maschine ist meine Ansicht die, daß derselbe wegen der unvermeidlichen Reparaturkosten mindestens 25% höher sein muß, es sei denn, das man per comptant ohne Garantie verkauft. — Herr Oechelhaeuser von Dessau wünscht eine Maschine in M.-Gladbach aufgestellt zu haben; so viel ich weiß, haben Sie noch dieses Revier vorbehalten und haben dem Herrn Oechselhaeuser mitgeteilt, daß Sie selbst die Maschine liefern würden.

Solange wir nicht ganz sicher sind, kann ich natürlich an Probelieferung nicht denken. Wir sind in der Lage, wöchentlich einige Maschinen machen zu können, wenn Sie uns in den Stand setzen, die etwa von uns gemachten Fehler zu vermeiden."

Einige Monate darauf, im Februar 1868, schrieb er wieder:

„Solange wie Ihre Maschine noch die exquisite Arbeit verlange, mit einem Schaltwerk versehen, Kolben und bewegende Teile nicht in direkter Verbindung sind, halte ich sie nicht befähigt, den gerechten Ansprüchen, welche man an dergleichen Motoren machen muß, zu genügen."

Schließlich gab Buckau die ganze Fabrikation wieder auf, und auch Norddeutschland wurde der Wilhelmshütte übertragen, die aber ebenfalls nicht mit der Gasmaschine vorankommen konnte.

Langen mußte erkennen, daß das Ziel, das man sich gesteckt hatte, noch nicht erreicht war, daß alle die Schwierigkeiten, an denen man so lange gearbeitet hatte, keineswegs überwunden waren. Immer noch war von Verdienen keine Rede, und neue große Geldmittel mußte man opfern, wenn man überhaupt Aussicht haben wollte, später Geld zu verdienen. Konnte er, der mit so viel Erfolg auf anderen Gebieten seine schon überlastete Arbeitskraft verwenden wollte, es verantworten, sich noch weiter mit der Gasmaschine zu beschäftigen? Es scheint, als ob er sich damals vorübergehend mit dem Gedanken getragen hatte, die Sache aufzugeben, und er mag auch seinem Freunde Reuleaux hierüber geschrieben haben. Reuleaux aber schrieb ihm daraufhin am 2. Februar 1868:

„Was ich wünsche und bitte, ist, daß Du aushalten möchtest, wenn die Finanzfrage sich halten läßt, — was ich allerdings nicht beurteilen kann. Die Sache ist doch so weit, daß die Maschine sich durchgerungen hat. Ein großer Erfolg ist da. Willst Du das Errungene jetzt verlassen, so fällt der Gewinn ebensowohl weg als der — Ruhm, um es mit einem kurzen Wort zu bezeichnen. Für das Ideale haben in der Entwicklungsgeschichte aller Fächer immer Opfer gebracht werden müssen. Nur sie allein heben auf den Standpunkt, auf den die Mit- und Nachwelt die stellt, welche ihr Leistungen geschenkt haben. Lese ich, schreibe ich, erkläre ich die Geschichte der Dampfmaschine und anderer Maschinen, so fällt mir 100 mal Dein Maschinchen ein, und ich empfinde für Dich das Hochgefühl, mit unter die Reihe derer aufgenommen zu werden, die durch ihren Fleiß und ihre opfervolle Anstrengung doch schließlich etwas Tüchtiges hervorbrachten, was allen nützt und wofür alle danken. Denke Dich einmal in eine Zeit hinein, die 50 Jahre nach uns liegt, und die Gasmaschine dann in vollem Flor so wie heute die Dampfmaschine! Denk' Dir das! Schwankst Du noch?"

Dieser warmherzige Appell an die Energie, Tatkraft und Zähigkeit seines Freundes schlug durch. Vom Schwanken war keine Rede mehr. Langen war entschlossen, auch neue Geldmittel zu schaffen. Man wollte einen Strich unter das Bisherige machen, gleichsam wieder von vorn anfangen; jetzt aber im großen arbeiten. Dazu brauchte man einen neuen kapitalkräftigen Mitarbeiter, und diesen fand man schließlich in Roosen-Runge, der an einem Maschinenverkaufsgeschäft in Manchester beteiligt war. Mit ihm war Langen bei der Einführung des Etagenrostes in England bekannt geworden. Roosen trat zunächst als Mitarbeiter in das Geschäft ein, um die beiden Teilhaber und die Fabrikation, sowie die Aussichten des ganzen Geschäftes genauer kennen zu lernen. Dann entschloß man sich, die bisherige Firma zu liquidieren. Eine neue Firma wurde gegründet unter dem Namen:

„Langen, Otto & Roosen in Köln."

Ein neuer Vertrag mußte nun geschlossen werden. Die Grundlagen hierfür waren etwa die folgenden:

Als Zweck der offenen Handelsgesellschaft wird bezeichnet: die Fabrikation und der Verkauf der Gasmaschine sowie die Verwertung der Patente. Langen, der bei der Liquidation der alten Firma der Eigentümer des sämtlichen Firmenvermögens geworden war, bringt ein Vermögen von rund 22 579 Talern in die neue Handelsgesellschaft ein. Ausgeschlossen sind die auf beider Namen lautenden Patente. Otto leistet zurzeit keine Kapitaleinlage. Er verpflichtet sich aber, alle nach Erfüllung seiner gegen Eugen Langen übernommenen Verpflichtungen verfügbar bleibenden Mittel der Handelsgesellschaft so lange zuzuführen, bis die Hälfte des Geschäftsguthabens von Langen und Roosen erreicht ist. Roosen stellt Geldmittel bis zu 22 500 Taler zur Verfügung. Otto und Roosen werden ihre ganze Tätigkeit der Gesellschaft widmen, Langen behält seine anderweitigen geschäftlichen Ver-

pflichtungen bei. Otto wird eine jährliche Einnahme von 1000 Taler garantiert. Die Firma wird allein Roosen zeichnen, in seiner Vertretung zeichnet Jakob Langen, der Bruder von Eugen Langen. Es sind dann noch Bestimmungen über die Patentverrechnung aufgenommen. Was die Gewinnverteilung anbelangt, so werden gemäß der Kapitalbeteiligung Langen und Roosen je 45 vH und 10 vH für Otto berechnet, wobei hierin die 1000 Taler Jahresgehalt nicht eingerechnet sind. Sobald das von Otto im Laufe der Jahre der Gesellschaft zur Verfügung gestellte Kapital halb so groß geworden ist wie der Kapitaleinschluß von Langen und Roosen, wird er gleichberechtigter Teilhaber. Der Vertrag wird zunächst auf drei Jahre geschlossen. Aus der beigefügten Abrechnung ersehen wir ferner noch, daß Langens tatsächlicher Verlust bereits über 40 000 Taler betrug. Deswegen wird ihm auch, solange sein Guthaben an Otto nicht ausgeglichen ist, Verfügung über die Patente zugesprochen, jedoch muß er bei Verkauf die Hälfte Otto gutschreiben.

Nachdem so eine neue vertragsmäßige Grundlage geschaffen war und dem Geschäft durch Roosen-Runge wieder neues Kapital zufloß, entschloß man sich, an die notwendige Erweiterung der Werkstätten zu denken. Man wollte jetzt eine eigene Fabrik errichten und entschloß sich, in Deutz bei Köln an der Mülheimer Straße eine Fabrik zu erbauen. Die ersten Pläne dazu rühren von Langen her. Man kaufte ein Grundstück von $3^1/_2$ Morgen im Werte von etwa 14 000 Talern.

So hatte man denn 1869 ein eigenes Heim gefunden, das bis heute unter ständiger Vergrößerung die Herstellung der Gasmaschine aufgenommen hat. Man fing jetzt an, die Fabrikation zu erweitern, neue Maschinen anzuschaffen, die Einrichtung nach jeder Richtung hin zu verbessern, und es schien, als ob endlich bessere Zeiten kommen sollten. Da brachte der Krieg mit Frankreich 1870 neue Unruhe und Ungewißheit in die geschäftliche Entwicklung, und mit banger Sorge mußten die Inhaber wieder der Zukunft entgegensehen. Die für Deutschland glückliche Wendung des Krieges aber gab der ganzen Industrie einen gewaltigen Ruck nach vorwärts, der Unternehmungsgeist in allen Schichten des Volkes wuchs sogar manchmal allzu schnell, wie das die der Gründerzeit folgenden Jahre deutlich erkennen lassen.

Inzwischen hatte aber der neue Teilhaber Roosen erkannt, daß eine dauernde Tätigkeit innerhalb der Firma für ihn nicht in Frage käme, er verlor den Mut und wollte an keine in absehbarer Zeit sichern Erfolge mehr glauben. Langen aber, der jetzt klarer als je zuvor die großen Aussichten der Gasmaschine erkannte, entschloß sich, nun der Fabrikation durch Begründung einer Aktiengesellschaft eine möglichst breite Grundlage zu geben, und so schuf er diejenige Form, die bis heute erhalten geblieben ist.

Am 5. Januar 1872 wurde die „Gas-Motoren-Fabrik Deutz Aktiengesellschaft" gegründet. Als Aktionäre werden angeführt: Eugen Langen, N. A. Otto, Gustav und Jacob Langen, Emil und Valentin Pfeifer. Das Aktienkapital wurde auf 300 000 Taler in 1500 Aktien festgesetzt. Davon haben erhalten: G. und J. Langen als stille Teilhaber Eugen Langens 200 000 Taler in Aktien und E. und V. Pfeifer 100 000 Taler. Noch im ersten Geschäftsjahre wurde das Aktienkapital auf fast 400 000 Taler erhöht. Die erste Direktion bildeten Eugen Langen, N. A. Otto und Gustav Langen. Otto erhielt als Direktor ein Jahresgehalt von 1800 Talern und freie Wohnung in der Fabrik. Für den Fall, daß noch andere Direktoren ernannt werden, sollte Otto die Stelle eines gleichberechtigten Direktors erhalten bleiben.

Als besondere Vergütung für seine Arbeit an der Erfindung erhielt er 10 000 Taler. In der ersten Aufsichtsratssitzung wurde ferner beschlossen, ihm 15 000 Taler Aktien zur Verfügung zu stellen, sofern Otto in der Lage sein sollte, diese Summe durch eigene Ersparnisse während der Dauer von zwölf Jahren zu erwerben. In den Aufsichtsrat traten ein: Jacob Langen, E. und V. Pfeifer.

Man ging jetzt mit Macht an die Fabrikation, denn man erkannte doch mehr und mehr, daß sich die großen Pläne mit der Patentverwertung im Auslande nicht verwirklichen ließen, und man hatte auch mit dem Bau der Maschinen durch andere Fabriken nicht die besten Erfahrungen gemacht. Die Direktion der Firma sah ein, daß man in erster Linie einen tüchtigen Ingenieur mit ausgedehnter Werkstattpraxis für die leitende Stellung nötig hatte. Eugen Langen sah sich darnach um. Man hatte den englischen Gasmaschinenkonstrukteur Turner kennen gelernt und dachte eine Zeitlang, ihn als Direktor der Firma zu gewinnen. Mit ihm in Wettbewerb stand Gottlieb Daimler (geb. 1834, gest. 1900), der später in der Entwicklung des Automobils so Hervorragendes leistete. Daimler stammte aus Schwaben. Er hatte sich als Büchsenmacher eine ausgezeichnete Praxis erworben, war dann nach England gegangen und hatte dort in den ersten Fabriken gearbeitet. Bei näherem Kennenlernen entschied sich Eugen Langen für Daimler, und er gab sich die größte Mühe, ihn für die Gasmotoren-Fabrik zu gewinnen. Daimler sollte als Direktor eintreten und die ganze Fabrikation unter sich haben. Unter Zusicherung hoher Gewinnbeteiligung wurde schließlich Daimler gewonnen. Langen schrieb damals, der Aufsichtsrat habe auch diesen Wunsch auf hohe Tantieme einstimmig und ohne lange Überlegung bewilligt, und Daimler möge hieraus sehen, wie sehr man überzeugt sei, seine Kraft in vollem Umfange verwerten zu können.

„Sie wollen daraus erkennen, daß unsererseits das vollste Vertrauen Ihnen entgegengebracht wird, und ich füge hinzu, daß ich persönlich mich ganz besonders darüber freuen werde, wenn die Tage Ihres Hierseins auch in Ihnen das Gefühl des Vertrauens gestärkt haben, welches Sie vermochte, auf unsere Vorschläge und Wünsche überhaupt einzugehen. Nicht durch Ihre Unterschrift, aber durch den Gedanken, daß bei uns das richtige Feld für Ihre Zukunft sei, hoffe ich, daß die Brücke hinter Ihnen abgerissen ist, welche Sie wieder in das alte Lager führen könnte."

Daimler war zuletzt in leitender Stellung in der Karlsruher Maschinenfabrik gewesen, und er kam nicht nur selbst, sondern brachte auch einen jungen Ingenieur Maybach mit, der sich bald in Deutz zu einem ausgezeichneten Konstrukteur entwickeln sollte.

Maybach war 1846 als Sohn eines Schreinermeisters in Heilbronn am Neckar geboren, kam früh verwaist in das „Bruderhaus" in Reutlingen und mit 15 Jahren in die Lehre. Bald wurde er als guter Zeichner im technischen Bureau der zum Bruderhaus gehörigen Maschinenfabrik beschäftigt. Während seiner Lehrzeit besuchte er die Fortbildungsschule und nachher den mathematischen Unterricht der Oberrealschule. Später bildete er sich durch Privatunterricht und Selbststudium weiter, gleichzeitig war er weiterhin in der Maschinenfabrik des Bruderhauses tätig. Dort lernte ihn auch Daimler, der 1867—1869 Vorstand der Maschinenfabrik des Bruderhauses war, kennen und zog ihn kurz nach seinem Ausscheiden nach sich an die Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe und dann nach Deutz. Wie sehr Maybach stets für seine Fortbildung besorgt war, zeigt eine von ihm 1876 auf eigene Faust mit Erlaubnis der Gasmotorenfabrik Deutz unternommene Studienreise nach Amerika; der Besuch der Weltausstellung in Philadelphia, der Industriegegenden

und der Hauptstadt Washington bot ihm lehrreiche Einblicke in die Technik und in das Staatswesen Amerikas. Später war es Maybach an der Seite Daimlers in dessen Maschinenfabrik in Cannstatt beschieden, in hervorragendem Maße sich an der konstruktiven Durchbildung der schnellaufenden Verbrennungsmaschinen und an ihrer weiteren Entwicklung beim Automobil- und zuletzt auch beim Luftschiffbau zu beteiligen. Hier wurde Maybach und insbesondere sein Sohn zum erfolgreichen Mitarbeiter Zeppelins.

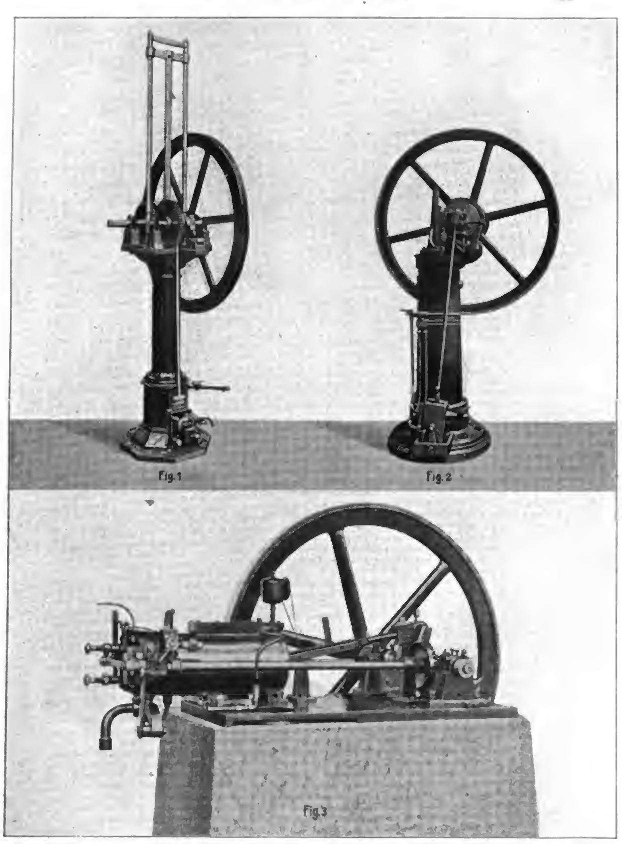
Daimler hatte richtig erkannt, wie unbedingt notwendig es sei, die Fabrikation auf größte Genauigkeit einzustellen, wenn man Erfolg mit der Gasmaschine haben wollte. Die Arbeiter, die ihm in Köln zur Verfügung standen, genügten ihm nicht. Er holte sich Arbeiter aus Württemberg und aus dem Elsaß. Zunächst wurden auch noch Teile, die besonders genau bearbeitet werden mußten, in Belgien hergestellt. Nach und nach erst gelang es, die einheimische Arbeiterbevölkerung zu der Arbeitsgenauigkeit zu erziehen, die man verlangen mußte.

Daimler besaß einen außerordentlich scharfen praktischen Verstand, der alle Vorteile in der Fabrikation auszunutzen wußte, der immer wieder mit neuen Ideen und Verbesserungen, die unmittelbar praktisch brauchbar waren, hervortrat, um den Herstellungspreis zu erniedrigen. Wenn man berücksichtigt, daß es damals in der aufsteigenden Konjunktur gelang, gleichzeitig die Verkaufspreise zu erhöhen, so versteht man, wie die nun folgenden Jahre der Gesellschaft glänzenden Verdienst brachten, wie nun endlich nach den sieben mageren Jahren die Zeit der Ernte gekommen war. In jenen Zeiten konnte auch Daimler das Vermögen erwerben, das es ihm möglich machte, später in schnellem Aufstieg an der Schaffung eines industriell verwertbaren Kraftwagens so erfolgreich zu arbeiten.

Bis 1872 hatte man noch außerhalb der eigenen Fabrik gießen lassen müssen. Langen erkannte aber, daß eine eigene Gießerei doch dringend notwendig geworden sei, und so entwarf er schon vor der Begründung der Aktiengesellschaft Pläne für den Bau einer Gießerei, machte auch Studienreisen, um sich andere Gießereien anzusehen, und übertrug dann dem Engländer Turner Bau und Ausführung der Gießerei. 1872 wurde die Gießerei in Betrieb genommen.

An der Seite Daimlers arbeitete nun Otto auch jetzt noch als Kaufmann. Er hatte sich mitten in der damals noch kleinen Fabrik einen erhöhten Stand aufgebaut, und hier saß er und führte als ordentlicher Kaufmann fleißig und gewissenhaft die kaufmännischen Bücher und freute sich beim Überblick über die ganze Fabrik der regen Beschäftigung. Sein Herz aber war in der Ecke der Fabrik, wo er sich, durch eine dichte Wand den neugierigen Blicken entzogen, einen Versuchsraum geschaffen hatte. Das Grübeln, wie seine Freunde sagten, das zähe Verfolgen der verschiedensten Verbesserungen, das war ihm unentbehrlich geworden. Planmäßig suchte er jetzt auch genau die Arbeiten der anderen Erfinder auf dem Gebiete des Gasmaschinenbaues zu verfolgen. Die Maschinen, die sich im Wettbewerbe bemerkbar machten, wurden gekauft und hier in der Fabrik genau untersucht, um auch auf diesem Wege die Richtigkeit der Garantien und Versprechungen nachzuprüfen. So wurde damals der Grundstein gelegt zu dem ausgezeichneten Museum der Deutzer Gasmotoren-Fabrik, das in geschichtlicher Aufeinanderfolge die bemerkenswertesten Bauarten der verschiedenen Gasmaschinen aufweist.

Die Aufgabe Daimlers war, die Massenfabrikation einzurichten. Die konstruktiven Einflüsse, die er auf die Entwicklung der Gasmaschine nahm, sind in ihrer Bedeutung nur ganz zu würdigen, wenn man auch die Bearbeitung und Her-



Tafel II. Fig. 1. Atmosphärische Gasmaschine 1866. — Fig. 2. Atmosphärische Gasmaschine um 1875.
Fig. 3. Erste Ottosche Versuchs-Viertaktmaschine.

stellung in Betracht zieht. So entstand schließlich eine atmosphärische Gasmaschine, die sich auch äußerlich schon recht wesentlich von den ersten atmosphärischen Gasmaschinen unterschied, wie die Nebeneinanderstellung der Abb. 1 und 2 auf Tafel II auf S. 21 ohne weiteres erkennen läßt.

Mit dem Schaltwerke war man noch immer nicht zufrieden. Wenn es auch ausgezeichnet arbeitete, so machte es doch nach wie vor sehr viel Geräusch. Langen beschäftigte sich fortgesetzt mit Verbesserungen des Schaltwerkes, und es ist interessant, wie er schon in einem Briefe 1868 an Reuleaux auch ein Wasserschaltwerk erwähnt: „Die Idee des hydraulischen Schaltwerkes gestattet alle möglichen Annehmlichkeiten, z. B. gezwungene Bewegung auch des Fliegerkolbens, Anhebung und Rückgang desselben durch Wasser, die Möglichkeit, liegende Maschinen zu machen.“ Langen hat auch ein solches Wasserschaltwerk konstruktiv durchgeführt und 1875 zum Patent angemeldet. Praktische Bedeutung gewann die Konstruktion nicht.

Auch die Regulierung suchte man weiter zu verbessern; statt wie bisher durch Drosselung des Auspuffes die Leistung der Maschine dem Bedarf anzupassen, ließ man den Regulator auf das Schaltwerk in der Weise wirken, daß man die Länge der Pausen zwischen den einzelnen Arbeitshüben hierdurch beeinflußte.

Der Raumbedarf der atmosphärischen Maschine war gering; — unbequem war nur die große Höhe, die sie beanspruchte. In manchen kleinen Werkstätten, in denen der Meister über seiner Werkstatt wohnte, mußte er es sich gefallen lassen, daß der Kolbenstange ein Weg durch die Decke gebahnt wurde. Eine besondere Schutzvorrichtung in der Wohnstube mußte dann dafür sorgen, daß die Kolbenstange kein Unheil anrichtete. Die langen Führungsstangen der ersten Maschinen hat man bald durch einen kleinen Bock mit Gleitführung der Kolbenstange ersetzt.

Was nun die Leistungsfähigkeit der Fabrik anbelangt, so erfahren wir, daß man bis zum 1. Oktober 1872 bereits im ganzen 700 Gasmaschinen hergestellt hatte. Hierzu kamen noch etwa 300 Maschinen, die im Auslande fertiggestellt waren, das ergab also im ganzen rund 1000 Gasmaschinen. Die monatliche Leistungsfähigkeit der Fabrik wurde für den Oktober 1872 schon zu 25 Stück angegeben. Nach Fertigstellung der Gießerei, Anfang 1873, konnte man bereits 50 Maschinen monatlich abliefern. Neubauten wurden wieder erforderlich, und während man baute, mußte man schon wieder vergrößern.

Ängstlich war man bemüht, die Aufmerksamkeit nicht noch in erhöhtem Maße auf die Maschine zu lenken, weil man zurzeit nicht mehr liefern konnte, trotzdem man schon die Lieferfristen für diese kleine Maschine auf ein Halbjahr ausgedehnt hatte. Im November 1874 konnte man schon 70, im Dezember 75, im Januar 80, im Februar 90 Maschinen herstellen, und im folgenden Monat rechnete man mit 100 Maschinen. Langen gab Daimler das Zeugnis, daß er, was die Erhöhung der Leistungsfähigkeit anbelangt, bisher stets Wort gehalten habe. Was die Preise betrifft, so verlangte man 1866 für eine halbpferdige atmosphärische Maschine 825 Mark. Dieser Preis war 1869 schon auf 1200 Mark gestiegen und betrug 1873 1380 Mark.

In der Mitte der 70er Jahre begann sich bereits die rückläufige Konjunktur bemerkbar zu machen. Man suchte nach dem Auslande zu liefern und hoffte, 20 bis 25 Maschinen monatlich in den Vereinigten Staaten absetzen zu können. In Deutschland gelang es, nur 50 Stück im Januar 1875 zu verkaufen. Für Österreich sorgte eine eigene Fabrik, die man 1872 unter der Firma „Langen & Wolf“ begründet hatte. Im Jahre 1874/75 wurde zum erstenmal der Umsatz von 1 Million Mark überschritten.

Was nun die Anwendungsgebiete anbelangt, so ist zunächst zu berücksichtigen, daß man die atmosphärische Maschine bisher nur bis höchstens 3 PS gebaut hatte. Die kleinste Größe leistete $^1/_4$ PS. Im ganzen hatte man etwa 5000 atmosphärische Maschinen mit rund 6000 PS abgesetzt. Die durchschnittliche Leistung ist also wenig über 1 PS.

Nach einer Veröffentlichung über den Verwendungszweck der atmosphärischen Gasmaschine vom 1. Mai 1875 erfahren wir, daß der „Pumpenbetrieb" mit 500 Stück an der Spitze marschierte. Berlin war der größte Abnehmer hierfür, und das lag daran, daß Anschlüsse an das Wasserwerk erst nach der Verstadtlichung 1874 allgemein in Aufnahme kamen, und daß man deshalb eine große Anzahl Einzelwasserversorgungen einrichtete, die sich mit Vorteil der atmosphärischen Gasmaschine bedienten. Reuleaux schrieb schon 1867 an Langen über einen Vortrag, den er im Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes über die atmosphärische Gasmaschine gehalten habe, und der sehr beifällig aufgenommen worden sei. In der Besprechung des Vortrages seien verschiedene Wünsche laut geworden. Reuleaux schreibt:

„Andere möchten sie hier gern mit einer Wasserpumpe versehen haben, um im eigenen Hause aus einem größeren Brunnen Wasser in einen Behälter auf dem Speicher zu pumpen, um dadurch unabhängig von der hier allgemein verhaßten, herrischen und drückenden Wasserwerksgesellschaft zu werden. Siemens möchte gern eine direkt luftpumpende Gasmaschine daraus gemacht sehen mit etwas Kompression über dem Luftpumpenkolben zum Umsteuern, wobei die bisherige Regulierung bliebe. Er würde dann häufige Verwendung haben für Luftpost."

Die Buchdruckereien mit 440 Gasmaschinen kamen an zweiter Stelle. Auch hier war es sehr bequem, durch eine handliche Kraftmaschine den Menschen als Muskelkraftmaschine zu ersetzen. Auf kleine mechanische Werkstätten kamen 130 Maschinen, auch in Brauereien wurden schon 90 verwendet, für Holzbearbeitung waren 125 in Benutzung. Innerhalb der Landwirtschaft wurden nur 5 atmosphärische Gasmaschinen gezählt.

Gegenüber den Dampfmaschinen hatte man den großen Vorteil, einen Dampfkessel nicht mehr zu brauchen, ein Vorzug, der sich gerade in den Kleinbetrieben besonders bemerkbar machte, zumal man bei Benutzung der Gasmaschine auch nichts mit staatlichen Behörden zu tun hatte, die mit ihren Verordnungen sich besonders liebevoll der Dampfkessel anzunehmen pflegten.

Hinderlich war für Anwendung der Gasmaschine die Abhängigkeit von einer Gasanstalt. Es lag deshalb nahe, immer wieder zu versuchen, sich durch Nutzbarmachung anderer Betriebsmittel von den Leuchtgasanstalten unabhängig zu machen. Damit allein wurde es ermöglicht, die Gasmaschine an allen den Orten einzuführen, die Leuchtgas noch nicht zur Verfügung hatten.

Zunächst suchte man nach anderen Gasen. Der Buchdrucker Kruthoffer in Frankfurt a. M., der als erster Buchdrucker 1867 eine atmosphärische Gasmaschine in Betrieb genommen hatte, stellte Versuche mit Gasen an. Wir erfahren davon aus einem Briefe Ottos vom 2. September 1867 an Langen:

„. . . Mit Vergnügen sehe ich aus ersterem, daß die Maschine bei Kruthoffer noch rechtzeitig montiert wurde und Sie dieselbe eine Stunde in Gang sahen. Es ist dieses für Sie und auch für mich eine große Beruhigung, und obgleich ich daran nicht zweifle, so sind Beweise doch stets das Beste. Besonders wichtig ist es, daß nun konstatiert ist, daß schwere, ölbildende Gase, gewöhnliches Kohlengas und reines Wasserstoffgas bei unserer Maschine Anwendung finden können; die zweite Frage ist nun die, welches Gas ist das billigste, und wird es interessant sein, baldigst von Herrn Kruthoffer zu hören, wie sich der Gasverbrauch stellt. —"

Reuleaux schrieb ferner an Langen um die gleiche Zeit:

„.... Ich habe nämlich den Mann gefunden, welcher das billige Gas, welches Du brauchst, herstellt. Grundstoff Petroleumdestillate oder vielmehr Rückstände, der sogenannte erste Sprung. Mit $^{1}/_{10}$ Luft gemengt ausgezeichnet explosiv. Kostet bei jetziger noch nicht allergünstigster Anfertigung 1 Rt. 10 sgr. pro 1000 Cubfuß. Apparat für die 1 pferdige Maschine 3′ hoch, 16—18″ Durchmesser, ganz explosionssicher: mengt

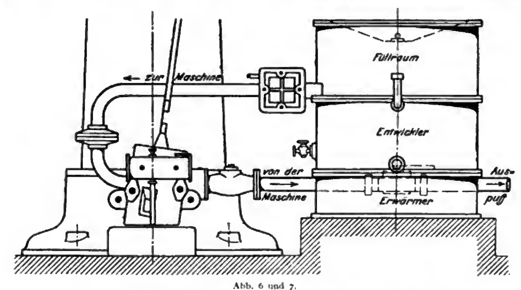


Abb. 6 und 7.
Atmosphärische Petroleummaschine Anfang der 70er Jahre.

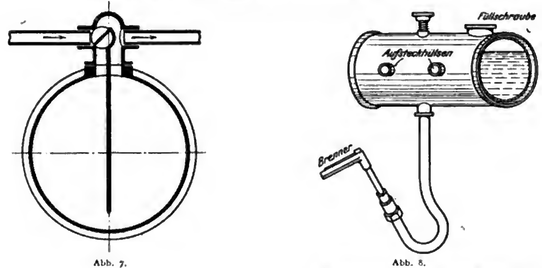


Abb. 7.

Abb. 8.
Vorrichtung für die Flammenzündung.

ganz nach Belieben das Gas schon vor dem Eintritt mit der Luft, so daß die Mengelirerei am Schieber wegfällt. ... Der Erfinder ist ein gewisser Marcus in Wien.

... Deine Maschine ist um 20 Prozent aufs neue im Vorsprung. Obige Gaserzeuger sind sehr billig herzustellen; wie ich überschlage, für 30 Taler.“

Es handelte sich hier um sogenanntes Aerogengas, dessen Betrieb sehr gefährlich war. Von besonderer Bedeutung mußte es sein, flüssige Brennstoffe zu verwenden. Auch Lenoir soll sich bereits damit beschäftigt haben, flüchtige Kohlenwasserstoffe zu verwenden, um seine Maschine von der Gasanstalt unabhängig zu machen.

1875 hat man auch in Deutz bei Versuchen mit Ölgas und Gasolingas die Maschine mit Benzin betrieben. Maybach, der an den Versuchen beteiligt war, erzählt, wie man mit Benzin getränkte Putzwolle, nachdem man den Gashahn geschlossen hatte, vor die Luftsaugeöffnung gehalten habe; so lief die erste Benzinmaschine in Deutz. Man hat dann sofort besondere „Verdunstungsapparate" gebaut, und Langen hat sich auf seinem Landgute eine Wasserversorgung mit einer atmosphärischen Benzinmaschine eingerichtet. Diese ersten Versuche waren nicht ungefährlich, und man weiß gleich am Anfange der Versuche von abfliegenden Deckeln zu erzählen, bei denen Otto, Maybach und Daimler zum Glück gefährlichen Verletzungen noch gerade entgingen. Man nannte diese Maschine damals Petroleumgasmaschinen. Die Abb. 6 bis 8 zeigen die Anordnung des Gaserzeugers und der Entzündungslampe. Aus den Beschreibungen entnehmen wir, daß der „Gasstoff", also das Petroleumdestillat, in der Menge eingefüllt wird, die man für den Betriebstag nötig zu haben glaubt. Man rechnet für eine einpferdige Maschine etwa 9 ltr., für eine halbpferdige 6. Das spezifische Gewicht des Petroleumdestillats soll nicht höher sein wie 0,73 bei 15° C. Am besten aber soll man ein Destillat von 0,69 spezifischem Gewicht nehmen, das also dem heutigen Motorenbenzin entsprechen würde. Auch besondere Vorschriften für die Aufbewahrung des Gasstoffes werden von der Firma bereits herausgegeben. Das Benzin soll in einem vertieft angeordneten gewölbten Raume aufbewahrt werden. Das Abgießen und Umfüllen soll stets bei Tage geschehen und ohne Licht, „denn dieser Stoff ist ebenso feuergefährlich wie etwa Spiritus".

Sobald es gelang, brauchbare Flüssigkeitsmaschinen zu schaffen, konnte man auch daran denken, die Gasmaschine in das große Gebiet des Verkehres einzuführen. Es ist ungemein interessant zu sehen, wie Eugen Langen schon anfangs der 70er Jahre sich mit diesem Problem eifrigst beschäftigte. Schon vor 1872 hat er mit dem Leiter der Firma Fetu-Defize in Lüttich darüber verhandelt, sie möchten doch einen Straßenbahnwagen mit einer atmosphärischen Gasmaschine betreiben. Er dachte sich bei einer Benutzung für Verkehrszwecke ein Flüssigkeitsgetriebe eingeschaltet. Mit Maybach sprach er einmal über Kapselwerkpumpen und ein andermal über den Betrieb mit den in den Zuckerfabriken üblichen Zentrifugen. Als Flüssigkeit wollte er dann Quecksilber benutzen. Das ist bezeichnend für die technische Regsamkeit Langens, die ihn veranlaßte, immer wieder neue Probleme aufzustellen. Manchmal ist es ihm geradezu schwer geworden, sich von allen diesen Zukunftsplänen wieder loszureißen und auf das zu konzentrieren, was er als die Forderung des jeweiligen Tages anerkennen mußte.

Die Entstehung der Viertaktmaschine. Die weitere Entwicklung der Gasmotoren-Fabrik unter Otto und Langen.

Um die Mitte der 70er Jahre mußte man in der Deutzer Gasmotoren-Fabrik die konstruktive Arbeit an der atmosphärischen Gasmaschine nahezu als vollendet ansehen. Als Hauptnachteil wurde nach wie vor der recht geräuschvolle Betrieb und die geringe Leistung — über 3 PS kam man nicht hinaus — empfunden. Das große Anwendungsgebiet für Gasmaschinen hatte man aber gerade in den letzten Jahren in seinem ganzen Umfange kennengelernt. Welch große geschäftliche Vorteile mußten sich erzielen lassen, wenn es gelang, eine Verbrennungskraftmaschine

zu schaffen ohne Begrenzung auf kleinste Leistungen und ohne die in dem Betriebe der atmosphärischen Maschine selbst liegenden Nachteile! Das war genügend Grund, um die leitenden Männer der Gasmotoren-Fabrik, vor allem N. A. Otto selbst, zu veranlassen, erneut nach Möglichkeiten weiterer Entwicklung der Gaskraftmaschine Ausschau zu halten. Otto beschäftigte sich unablässig neben seinen kaufmännischen Geschäften mit neuen Konstruktionsgedanken. Immer wieder aber kam er von neuem auch beim Vergleich mit den sonstigen auf dem Markte auftauchenden Systemen auf seine erste Idee einer im Viertakt arbeitenden, direkt wirkenden Gasmaschine zurück. Die Festschrift, die von der Firma beim 25jährigen Jubiläum am 30. September 1889 herausgegeben wurde, läßt deutlich erkennen, wie Otto und Langen die Entwicklung selbst gesehen und beurteilt haben.

Es heißt hier:

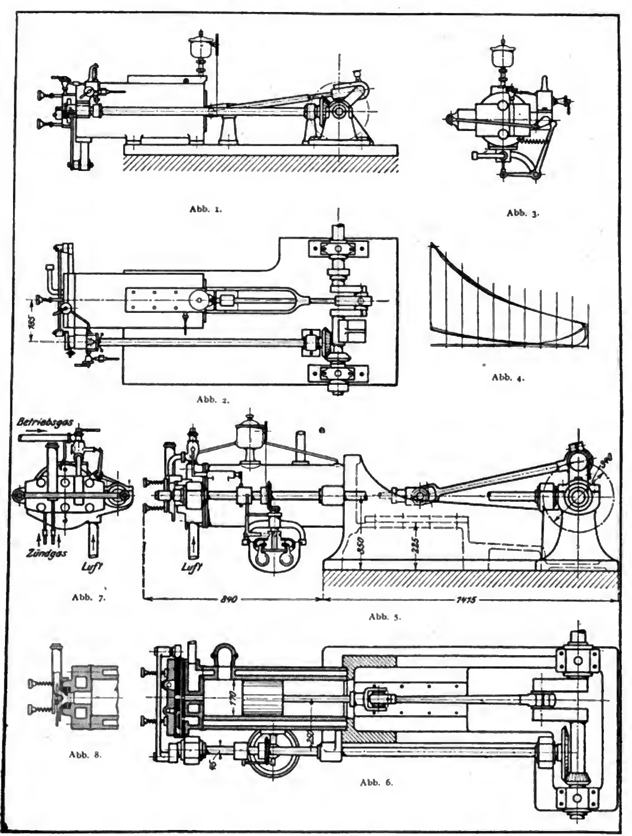
„Otto hatte den Gedanken einer direkt wirkenden Gasmaschine nicht aufgegeben, und bei seinen Bemühungen in dieser Richtung war ihm die atmosphärische Maschine ein willkommenes Versuchsobjekt. Jede einzelne Explosion, ob kräftig oder schwach, war als solche deutlich zu erkennen, da ja der Kolben frei in die Höhe flog. Je nach dem Gasreichtum des Gemenges waren die Explosionen mehr oder weniger heftig, flog der Kolben schnell oder langsam in die Höhe. Bei gasarmen Gemengen stieg der Kolben oft erst nach geraumer Zeit, nachdem das Schwungrad schon eine Anzahl Umdrehungen gemacht hatte, langsam in die Höhe, und hieraus erkannte Otto, daß gasarme Gemenge nicht nur langsam verbrennen, sondern auch sich verspätet entzünden; gleichzeitig aber sah er ein, daß ein stoßfreier Motor nur durch Anwendung verdünnter Gemenge erzielt werden könne; es galt also, die Frage zu lösen: ‚Wie kann man verdünnte Gemenge, z. B. 1 : 11, 1 : 12, 1 : 13, noch sicher zünden?'

Diese Frage beschäftigte Otto jahrelang, bis ihn schließlich die Betrachtung des aus einem Fabrikschornstein aufsteigenden Rauches auf die Lösung brachte, welcher, beim Verlassen des Schornsteins dick und dicht, im Aufsteigen an Dichtigkeit mehr und mehr verlor, indem er sich in der Luft zerstreute.

Kann man nämlich stoßfreie Wirkung nur erreichen mit gasarmen Gemengen von etwa 1 : 12 Gasgehalt, und entzünden solche armen Gemenge sich unsicher, so besteht die Lösung der Aufgabe darin, daß man zuerst beispielsweise 5 oder 4 oder 3 Teile Luft und dann Gasgemenge von 1 : 7 oder 1 : 8 oder 1 : 9 ansaugt, es kommt dann ein Gemenge von 1 : 12 zur Verwendung, an der Zündstelle wird sich jedoch ein mehr oder weniger gasreiches Gemenge befinden.

Hiermit war das Wesen der Erfindung gegeben, welche heute in Otto's neuem Motor verkörpert ist, und welche, wie die atmosphärische Maschine für die Entstehung und erste Entwicklung des Unternehmens, nunmehr für die weitere Ausdehnung und den heutigen Erfolg desselben grundlegend war."

Das war der Grundgedanke des Erfinders für die neue Maschine. Es ist ungemein bemerkenswert, zu sehen, wie großen Wert damals nicht nur Otto und Langen, sondern, wie es bei dem berühmt gewordenen Patentprozeß dann zum Ausdruck kam, auch hervorragende Vertreter der Wissenschaft auf diesen Gedanken der schichtenweisen Lagerung legten. Auch aus den Patenten ergibt sich, wie diese Verzögerung der Verbrennung, die man heute als fehlerhaft ansieht, als die Grundlage für eine ruhig arbeitende Verpuffungsmaschine betrachtet wurde. Die Kompression, die tatsächliche Ursache des guten Erfolges der Maschine, auch im Brennstoffverbrauch, hat Otto mehr als eine zufällige und nicht besonders wesentliche Eigenschaft seiner Erfindung angesehen. In der Geschichte der Technik kommen diese Fälle, wo trotz anfänglich unrichtiger Auffassung der wissenschaftlichen Grundlagen doch große praktische, wirtschaftlich verwertbare Leistungen geschaffen werden, nicht allzu selten vor.



Tafel III. Abb. 1 bis 3. Ottos erste Versuchsviertaktmaschine. — Abb. 4. Erste Diagramme.
Abb. 5 bis 8. Die erste marktfähige Viertaktschiebermaschine.

Durch die Bezeichnung der neuen Kraftmaschine als „Ottos geräuschloser Motor", die Engländer nannten ihn „Otto Silent", wird darauf hingewiesen, daß man auf die Geräuschverminderung damals entscheidenden Wert legte.

Mit dem Grundgedanken des Ottoschen Motors war natürlich die Aufgabe noch keineswegs gelöst. Jetzt kam die konstruktive Durchführung, und dazu war die Mitarbeit aller hierfür in Frage kommenden Kräfte der Firma erforderlich. Die Abb. 3 auf Tafel II und die Abb. 1 bis 3, Tafel III, zeigen die noch im Besitze der Firma befindliche erste Versuchsmaschine; sie hatte 161 mm Zylinderdurchmesser, 300 mm Hub und leistete bei 180 Umdrehungen in der Minute 3 PS. An Gas verbrauchte sie für eine Pferdekraftstunde durchschnittlich 0,95 cbm. Eines der ersten Diagramme dieser Versuchsmaschine vom 18. Mai 1876 zeigt Abb. 4, Tafel III. Die Abb. 5 bis 8 auf Tafel III S. 27 lassen die erste konstruktive Durchführung, also die erste marktfähige Maschine in ihrer Konstruktion und Wirkungsweise deutlich erkennen. Diese Maschine ist in ihrer ganzen Ausführung vorbildlich geworden.

Die Grundgedanken, die zu dieser Maschine führten, suchte man in dem Patent Nr. 532 vom 4. August 1877 zu schützen. Die Patentansprüche lauteten:

1. In einem geschlossenen Raum brennbare, mit Luft gemischte Gase vor ihrer Verbrennung mit einer anderen Luftart in solcher Weise zusammenzubringen, daß die an einer Stelle eingeleitete Verbrennung von Gas zu Gaskörperchen verlangsamend sich fortpflanzt, die Verbrennungsprodukte sowohl als die sie umhüllende Luftart durch die erzeugte Wärme sich ausdehnen und so durch Expansion Betriebskraft abgeben.

2. Die unter 1. ausgesprochenen Wirkungen zu erzeugen mit Gasarten, welche bis zur eintretenden Verbrennung atmosphärische Spannung haben.

3. Die unter 1. ausgesprochenen Wirkungen zu erzeugen mit Gasarten, welche vor der Verbrennung mehr als atmosphärische Spannung haben.

4. Die Wirkungsweise des Kolbens im Zylinder eines Gasmotors mit Kurbelbewegung so einzurichten, daß bei zwei Umdrehungen der Kurbelwelle auf einer Seite des Kolbens die nachstehenden Wirkungen erfolgen:

a) Ansaugen der Gasarten in den Zylinder,
b) Kompression derselben,
c) Verbrennung und Arbeit derselben,
d) Austritt derselben aus dem Zylinder.

5. Die Konstruktion der Maschine, wie beschrieben.

Kennzeichnend für die Maschine ist ihre liegende Anordnung, der offene Tauchkolben und die seitliche Steuerwelle, die mit Hilfe konischer Zahnräder die halbe Umdrehungszahl wie die Kurbelwelle erhielt. Das Ansaugen des Gemenges aus Gas und Luft geschah in der Weise, daß ein Schieber an entsprechenden Öffnungen so entlang bewegt wurde, daß während der ersten Hälfte des Kolbenhubes nur Luft in den Zylinder treten, beim zweiten Teile des Hubes aber ein Gemisch von Gas und Luft eingenommen werden konnte. Man nahm nun an, daß der Zylinder mit drei Schichten verschiedener Gasarten gefüllt sei. Zunächst dem Kolben sollten die rückständigen Verbrennungsgase, die noch zwischen Kolben und Zylinderdeckel vom letzten Hube her sich befanden, sein, dann kam eine Schicht mit Luft und schließlich das Gemisch von Luft und Gas. Beim Rückgange des Kolbens wurde dieser Inhalt des Zylinders verdichtet. Hierbei vermischen sich bereits die einzelnen Schichten miteinander. Man nahm aber an, daß das Gemisch am Zylinderboden am meisten Gas enthielt. Bei der Kolbenstellung am Ende des Hubes eröffnet der Schieber einer Flamme den Zutritt zum Verbrennungsraum, worauf im Totpunkte des Kolbens die Zündung erfolgt. Es heißt dann weiter in einem der ersten Vorträge über Ottos geräuschlosen Gasmotor, den Slaby 1878 gehalten hat:

„Eine Explosion der gesamten eingeschlossenen Ladung kann infolge der geschilderten Anordnung nicht stattfinden, die Flamme wird sich gewissermaßen nur schrittweise von Schicht zu Schicht weiter verbreiten. Die hierdurch hervorgerufene allmähliche Expansion überträgt nutzbare Arbeit auf den Kolben und weiterhin auf ein Schwungrad, dessen lebendige Kraft den abermaligen Rückgang des Kolbens und den damit verbundenen Austritt der Verbrennungsprodukte durch ein geeignetes Ventil sowie die Kompression in der nächsten Arbeitsperiode zu leisten hat."

Die Konstruktion wurde weiter entwickelt, und die Verbesserungen wurden unter Nr. 2735 am 4. August 1877 in Deutschland patentiert. In diesem Patente sah Langen „den Ausbau und die in allen unseren jetzt gebauten Maschinen sich verkörpernde Entwicklung jenes Patentes". (Patent 532.)

Auf Grund dieser beiden Patente ging man nun daran, die marktfähige Maschine zu schaffen. Auch hier waren noch große Schwierigkeiten zu überwinden. Vor allem lagen diese in fabrikationstechnischer Richtung. In einem Briefe vom 7. Mai 1877 schreibt Langen: „Andererseits fühlen wir immer mehr, wie sehr gerade die neuen Motoren allersorgfältigste Ausführung erfordern." Er rät deshalb auch dringend ab, kleine Fabriken selbst fabrizieren zu lassen.

Aus einem Briefe von ihm im November 1876 an Jakob Schleicher in Philadelphia hören wir, daß der Gang der neuen Maschine die Herren in Deutz immer mehr befriedigt.

„Wir selbst haben zwar im ganzen nur 100 Stück Maschinen neuer Konstruktion in Arbeit; abprobiert und festgestellt ist aber nur das 4 pferd. Modell, nach welchem auch eine Maschine in Mülheim in einer Bierbrauerei aufgestellt ist und seit 14 Tagen arbeitet. Sobald die Maschine in fremde Hand kam, stellte sich aber dies und das als verbesserungsbedürftig heraus, welchem allerdings leicht abgeholfen war, aber ohne diese Probe halte ich es für leichtsinnig, Zeichnungen an fremde Fabrikanten zu geben. Mit den anderen Größen wird's wohl viel schneller vorangehen; gestern abend hat die 8 HP zum ersten Male gegangen, und zwar so elegant und schön, daß es eine Engelsfreude gewesen sein muß, dabei zu stehen."

Mit den größeren Gasmaschinen ging es allerdings doch nicht so schnell, als Langen damals glaubte. Am 15. Juli 1878 schreibt Langen:

„Mit den Gasmotoren größeren Kalibers sind wir noch immer im Stadium des Experimentes; es zeigen sich dabei mancherlei unerwartete Schwierigkeiten, und wir müssen geduldig und andauernd in der eigenen Fabrik weiter arbeiten, um richtige Verhältnisse und praktische Konstruktionen zu erhalten."

Die fabrikationstechnischen Schwierigkeiten waren so groß, daß die erfahrenen Konstrukteure der Firma Crossley Brothers Ltd., die Vertreter der Gasmotorenfabrik in Manchester, von der Ausführung der neuen Maschine dringend abrieten.

Schließlich gelang es aber dem konstruktiven Können von Langen, Otto, Daimler und Maybach, diese großen Anfangsschwierigkeiten zu überwinden. Aus der Versuchsmaschine wurde die allen Anforderungen des praktischen Betriebes gerecht werdende Betriebsmaschine.

Wie die atmosphärische Maschine auf der Pariser Weltausstellung 1867, so erregte die neue Maschine auf der Pariser Weltausstellung 1878 die ungeteilte Bewunderung der Fachleute. „Der Ottosche Motor hat unbedingt allen anderen Konstruktionen den Rang abgelaufen," berichtete damals Slaby. Reuleaux nannte diese Maschine einige Jahre später „die größte Erfindung im Kraftmaschinenfach seit Watt, die eine große Einwirkung auf das Kraftmaschinenwesen der Welt angebahnt und zum Teil schon bewirkt hat."

Aus dem ersten Druckblatte, das die Firma über die neue Maschine herausgab, entnehmen wir, daß man den Bau der Maschinen in Größen von $^1/_2$, 1, 2, 4, 6 und 8 Pferdestärken aufgriff. Man nahm aber bereits auch in Aussicht, die Maschine „für noch größere" Leistungen, wenn man es verlangen sollte, zu bauen. So bescheiden uns diese Leistungen vorkommen, es war ein großer Fortschritt gegenüber der atmosphärischen Maschine, die man höchstens bis zu 3 PS auszuführen vermochte. Was die Preise frei Fabrik anbelangt, so waren sie in dem ersten Preisblatte auf 1000 M. bis 4500 M. je nach der Größe festgesetzt. Während man für die zweipferdige atmosphärische Maschine 2460 M. verlangte, kostete die zweipferdige neue Maschine nur 2100 M. Als Gasverbrauch gab man bei voller Kraftleistung ungefähr $^3/_4$ cbm an, wobei es bei den kleinen Leistungen schwierig gewesen sein mag, bei den ersten Maschinen diese Angaben zu erfüllen. Die Vorteile der neuen Maschine, besonders ihre Geräuschlosigkeit, ihre leichte Handhabung, lassen es erklärlich erscheinen, daß gleich in den ersten Jahren eine erhebliche Nachfrage nach der neuen Maschine einsetzte, trotzdem gerade die Zeiten Ende der 70er Jahre wirtschaftlich recht ungünstig für Deutschland waren.

Welche Hoffnungen man an die neue Maschine knüpfte, darüber erfahren wir auch etwas aus einem Briefe Werner v. Siemens an seinen Bruder Wilhelm in England vom 2. November 1887. Darin heißt es:

„Langen ist augenblicklich hier. Er ist der festen Überzeugung, daß sie (Langen und Otto) die Dampfmaschinen für Städte mit Gas ganz verdrängen würden, da ihre Kraft billiger wie Kohlenkraft wäre. Er will aber doch nächstens mit Schwelgasmaschinen auftreten und hofft damit noch weit ökonomischere Erfolge zu erzielen."

Ebenso wie früher bei der atmosphärischen Maschine hatte man jetzt auch einer Anzahl Firmen, besonders im Ausland, die Berechtigung zum Bau der neuen Maschine übertragen. Langen war sich von vornherein klar darüber, daß man diese Maschine nur vorteilhaft in Massenfabrikation würde herstellen können, und er riet deshalb dazu, die Fabrikation für Deutschland möglichst in der eigenen Fabrik zu konzentrieren. Nur für die östlichen Provinzen Pommern, Preußen, Posen, Schlesien und das Herzogtum Anhalt hatte man den Bau der Maschine der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G. in Berlin übertragen. Für Österreich-Ungarn und Italien übernahm ihn die Firma Langen & Wolf in Wien, für Belgien und Holland die Herren A. Fetu-Defize in Lüttich, für Frankreich Ed. Sarazin, für Dänemark J. G. A. Eickhoff in Kopenhagen, für England Crossley Brothers in Manchester und für die Vereinigten Staaten Schleicher, Schumm & Co. in Philadelphia und Sinker, Davis & Co. in Indianapolis.

Die weitere Entwicklung der normalen liegenden Viertaktmaschine ist zunächst auf Vergrößerung der Leistungen gerichtet. Schon 1881 kann die Firma 10 und 12pferdige Maschinen anbieten. Der Wunsch, die Leistungen zu erhöhen, neben der Forderung eines gleichmäßigen Ganges gab Veranlassung, Maschinen mit zwei nebeneinander liegenden Zylindern, deren Kolben auf gleichgerichtete Kurbeln, jedoch mit gegeneinander versetzten Zündungen, zu arbeiten hatten, auszuführen. Das Druckblatt vom Mai 1883 geht schon bis auf 50 PS, wobei man bei den Maschinen über 30 PS zwei Zylinder anwandte. Die aufkommende elektrische Beleuchtung war hier ebenso wie auf vielen anderen Gebieten der Technik eine Haupttriebfeder zu weiterem Fortschritte. Zwillingsmaschinen für elektrische Lichtbetriebe baute man 1884 in den Größen von 3 bis 60 PS. Die Abb. 9 läßt das Äußere einer solchen Zwillingsmaschine erkennen.

Auch in ihrem Arbeitsprozesse suchte man die Maschinen gemäß den Anschauungen, die damals allgemein Geltung hatten, weiter zu vervollkommnen. Man überschätzte eine Zeitlang den schädlichen Einfluß der im Kompressionsraum zurückbleibenden Auspuffgase. Eine 1881 patentamtlich geschützte Konstruktion einer Viertaktmaschine mit Hilfskolben sollte es ermöglichen, diese Gase in der Ausströmperiode völlig auszutreiben. Die Ergebnisse waren, was den Gasverbrauch anbelangt, günstig. Statt 0,9 cbm für 1 PS-Stunde, was dem normalen Verbrauche einer 3pferdigen Maschine entsprach, kam man auf 0,85 cbm. Die sehr verwickelten maschinellen Einrichtungen waren aber doch zu kostspielig im Verhältnis zu dem Vorteil, den man damit erreichte.

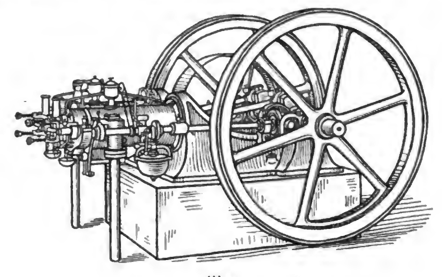


Abb. 9.
Zwillingsmaschine 1879.

Betrachtet man zurückschauend, was mit der Viertaktmaschine gegenüber der atmosphärischen Maschine erreicht war, so springt zunächst die außerordentliche Raum- und Gewichtsersparnis ins Auge. Das sekundliche Hubvolumen betrug statt 100 l für 1 PS bei der atmosphärischen Maschine schon bei den ersten Viertaktmaschinen nur etwas über 10 l, um sich später weiter bedeutend zu vermindern. Das Maschinengewicht war von 1000 kg für die PS schon bei den ersten Viertaktmaschinen auf nahezu die Hälfte heruntergegangen und beträgt bei den heutigen kleineren ortsfesten Betriebsmaschinen nur noch $^1/_{10}$ jenes Wertes, ganz abgesehen von der weiteren sehr erheblichen Verminderung, die durch die hochwertigen Baustoffe und besondere Kunstgriffe in der Fertigung bei Luftschiff- und Fahrzeugmotoren erreicht werden konnte.

Das Kurbelgetriebe gestattete, zu großen Leistungseinheiten überzugehen, denen eine mit Gesperre arbeitende Maschine wegen der im Gesperre liegenden betrieblichen Unsicherheit verschlossen war; auch die Umlaufzahl ließ sich bis auf ein durch die Fliehkräfte bedingtes Maß steigern. So war der Weg für die mit armen Gasen arbeitenden Großgasmaschinen und für die leichten Verkehrsmaschinen gebahnt.

Was der Viertaktmotor bedeutet, wird noch klarer, wenn man einen Vorläufer betrachtet, der 1875 in einigen Ausführungen in Amerika auftauchte, um bald

wieder zu verschwinden. Es war die Petroleummaschine von Breyton, die auch mit Verdichtung der Ladung arbeitete, wozu eine Brennstoffpumpe und eine Luftpumpe dienten. Der Brennstoffluftstrom wurde, beginnend mit dem inneren Totpunkte, in den Arbeitszylinder gedrückt, wo er an einer ständig brennenden Stichflamme entzündet wurde und unter Gleichdruck verbrannte. Abgesehen von der Umständlichkeit der Luftpumpe hatte die Maschine bei den damals erreichbaren geringen Verdichtungsdrucken einen hohen Brennstoffverbrauch sowohl für den Kreisprozeß selbst als für die ständig brennende Zündflamme. Die Verlegung der Luftpumpe in den Arbeitszylinder, der nun im Viertakt abwechselnd als Pumpe und als Ausdehnungsmaschine wirkte, und die Verlegung der ständig brennenden Zündflamme nach außen und die Rückkehr zur Verbrennung bei gleichbleibendem Volumen, schufen erst die dauernd lebensfähige Maschine.

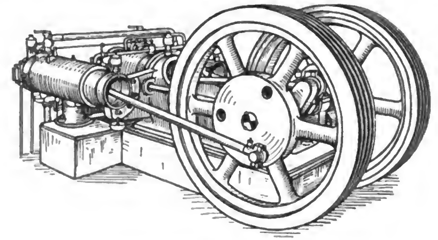


Abb. 10.
Dreizylinderverbundgasmaschine 1879.

Die Viertakt-Gemischmaschine von Otto & Langen trug den Stempel der genialen Erfindung an sich, da sie die gestellte Aufgabe — Umsetzung von Wärmeenergie in äußere Arbeit — nicht nur mit hohem Nutzwerte, sondern auch mit den einfachsten Mitteln in einer Form löste, die eine allgemeine Verwendung ermöglichte.

Bemerkenswert sind ferner die Bestrebungen, die Auspuffgase in ähnlicher Weise wie bei Verbunddampfmaschinen zu benutzen. Man hatte beobachtet, daß die Auspuffgase beim Öffnen des Ventiles noch Druck haben, so daß man sie somit zu weiterer Arbeitsleistung ausnutzen konnte. Man baute deswegen eine Dreizylinder-Verbundmaschine. Zwischen zwei normalen Viertaktzylindern mit gleichgerichteten Kurbeln, die abwechselnd ansaugten, wurde ein dritter Zylinder angeordnet, in dem dann die Auspuffgase aus dem einen oder dem anderen „Hochdruckzylinder" durch Expansion Arbeit leisteten. Die Maschine war durch Patent vom Jahre 1879 geschützt, und eine 1880 ausgeführte Maschine von 60 PS hat bis 1884 in der Zuckerfabrik von Pfeiffer & Langen in Elsdorf gearbeitet. Die Abb. 10 zeigt die Maschine. Der Brennstoffverbrauch betrug 0,75 cbm, war also etwas günstiger als der einer normalen Maschine. Der mittlere Druck der Auspuffgase war aber doch zu gering, um die wesentlich teurere Konstruktion rechtfertigen zu können.

Auch das Zweitaktverfahren, das in Ottos grundlegendem Patent schon enthalten war, versuchte man immer wieder von neuem auszuführen. Schon im Jahre 1879 hatte die Firma sich eine Zweitaktmaschine schützen lassen, bei der in dem Arbeitszylinder im ersten Teile des Kolbenvorgangs ein in einer besonderen Pumpe verdichtetes Gemenge eingepreßt und nach Abschluß des Einströmorganes gezündet wurde. Seitlich am Zylinder war die Gas- und Luftpumpe angebracht. Der Gasverbrauch aber war ungünstig. Bei einer Leistung von 2 bis 3 PS brauchte man nicht weniger als 1,86 cbm für die effektive Pferdekraftstunde. Der Grund lag darin, daß die Maschine sehr geringe Expansion hatte und daß die Überströmverluste beim Übertritt der verdichteten Ladung aus dem Pumpzylinder in den Arbeitszylinder sehr erheblich waren. Dazu kamen unvermeidliche Rückzündungen aus dem Arbeitszylinder in die Pumpe, die für den praktischen Betrieb recht unangenehm waren. Man hat acht Jahre später die Versuche wieder aufgegriffen und einen Teil dieser Nachteile in sehr geschickter Weise zu vermeiden gewußt. Aber auch diese Maschine war noch nicht lebensfähig.

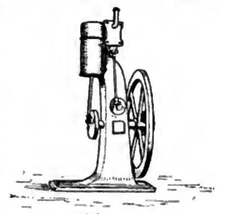


Abb. 11.
Kleinste stehende Maschine von $^1/_3$ PS 1885.

1886 baute man eine Zweitaktmaschine mit besonderer Gas- und Luftpumpe. Beide wurden unter demselben Kurlbelwinkel wie der Arbeitskolben angetrieben. Die Maschine war betriebsfähig, sie brauchte aber ebenso viel Gas wie die normale Viertaktmaschine und stellte sich in der Ausführung wesentlich teurer. Man erkannte nach allen diesen vielen Versuchen, daß bei den hier in Betracht kommenden kleinen Kraftgrößen und bei den gasförmigen Brennstoffen die Viertaktmaschine in ihrem Arbeitsprozesse kaum verbessert werden könnte. Die Mängel der Viertaktmaschine, die man vor allem in ihrer geringen Leistung in einem Zylinder und in ihrem größeren Ungleichförmigkeitsgrad sah, ließen sich damals, den praktischen Bedürfnissen entsprechend, durch die Zwillingsmaschine und durch Vergrößerung der Schwungmassen ausgleichen.

Die Viertaktmaschine selbst wurde weiter ausgebaut und hierbei manche Fortschritte erzielt. Man verbesserte die Gemischbildung und steigerte, zunächst sehr vorsichtig, den Verdichtungsgrad, man kam so mit dem Gasverbrauch auf $^3/_4$ cbm. Der wesentlichste Fortschritt aber war der Übergang vom Schieber zum Ventil und der Ersatz der Flammenzündung durch die zuverlässige Glührohrzündung. Erst jetzt wurde es möglich, die Kompression zu erhöhen und damit eine bessere Ausnützung der Brennstoffe zu erzielen.

Als konstruktiver Fortschritt ist ferner anzusehen, daß man für den Antrieb der Steuerwelle Schraubenräder benutzte, die auch das Geräusch verminderten. Das Getriebe der Maschine wurde insofern umgestaltet, als man den Kreuzkopf mit dem Kolben vereinigte, der somit neben der Dichtung auch zur Aufnahme der Normaldrücke herangezogen wurde. Die Maschine wurde in fabrikationstechnischer Richtung dadurch einfacher, sie baute sich kürzer, sie wurde billiger. — Die Vorteile, die Ottos neuer Motor bot, brachten sehr bald die Fabrikation der atmosphärischen Maschine zum Stillstand, und man suchte nun die neue Maschine auch für sehr kleine Leistungen brauchbar zu gestalten. In gleicher Weise ließ sich die

stehende Maschine, deren Herstellung einzelne Kunden dringend wünschten, behandeln. Das was man an der liegenden Maschine gelernt hatte, suchte man sinngemäß auf die stehende Ausführung zu übertragen. Es genügt deshalb, hier auf die Entwicklung der äußeren Form hinzuweisen. Man hat zunächst die neue Ottosche Viertaktmaschine nur für kleine Leistungen stehend gebaut. Fig. 11 zeigt die erste Maschine vom Jahre 1885 von $^1/_3$ PS, die aber nicht auf den Markt kam. Während bei dieser Maschine der Zylinder über der Kurbelwelle lag, zeigen die nächsten Ausführungen die umgekehrte Anordnung. Die Maschine Abb. 12 wurde

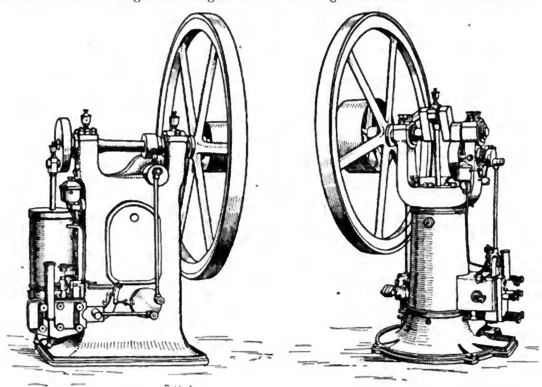


Abb. 12. Stehende (erste) Viertaktkleinmaschine 1884.

Abb. 13. Stehende Viertaktkleinmaschine 1886.

für $^1/_3$ bis 2 PS gebaut. Für $^1/_3$ PS kostete sie 800 M, sie lief mit 200 Umdrehungen. Die größere Ausführung Abb. 13, auch konstruktiv vervollkommnet, wurde für $^1/_2$ bis 6 PS Leistung gebaut und kostete 950 bis 3200 M.

Was die Verwendungsgebiete betrifft, so gelang es in immer höherem Maße, die Gasmaschine in die denkbar verschiedensten Betriebe einzuführen. Eine Statistik, die erkennen läßt, in welchen Betrieben Ottos neuer Motor bis Ende 1880 Verwendung gefunden hat, zeigt uns, daß die bei weitem größte Anzahl, nämlich 1396, in Buchdruckereien arbeitete. 333 wurden für Aufzüge, Krane und Winden gezählt, 254 für Maschinenbau und mechanische Werkstätten, 211 für Holzbearbeitung und 307 für Pumpen und Bewässerungsanlagen. Sehr bemerkenswert ist, zu ersehen, daß auch schon Ende 1880 132 Gasmaschinen für elektrische Lichtmaschinen arbeiteten. Besonders Langen hatte die große Zukunft der Elektrotechnik von Anfang an klar erkannt. Wir entnehmen seinem Briefwechsel, daß er schon 1879 die Ansicht ausspricht: . . . „daß unsere Gasmaschinen, richtig angewandt, die beste Betriebskraft für elektrische Zwecke sind. Er wünsche deshalb auch,

daß man alles tun möge, um die Gasmotoren bei Siemens & Halske hochzuhalten." Wie recht er mit dieser Einschätzung der Elektrotechnik auch für die Entwicklung des Gasmaschinenbaues hatte, beweist die weitere Anwendung der Gasmaschine für elektrotechnische Zwecke.

Gerade das Bestreben aber, der Gasmaschine neue Absatzgebiete zu erobern, ließ die Abhängigkeit von den Leuchtgasanstalten immer drückender werden. Dazu kam noch, daß die Gasanstalten, die schon auf jahrzehntelanges erfolgreiches Wirken zurückblicken konnten, der aufstrebenden Gasmaschinenindustrie durch Gestaltung ihres Tarifes bei weitem nicht so entgegenkamen, wie es in unserer Zeit die Elektrizitätswerke dem Kraftverbrauche und damit der Elektromotorenindustrie gegenüber getan haben.

Zwei Wege waren einzuschlagen, um die Gasmaschine von der Gasanstalt unabhängig zu machen. Man suchte eigene kleine Gasanstalten zu bauen, die dann auch die Beleuchtung der betreffenden Fabrikanlage zu übernehmen hatten, oder man verwandte flüssige Brennstoffe, wie das bei der atmosphärischen Maschine auch schon versuchsweise geschehen war. Eine ganze Anzahl kleiner Gasanstalten sind von der Firma ausgeführt worden, aber die Anlagen wurden doch, auch wenn man sie noch so sehr zu vereinfachen suchte, zu teuer. Auch besondere Ölgasapparate wurden ausgeführt, besonders die Apparate der Firma H. Hirzel in Leipzig-Plagwitz wurden damals empfohlen. Man spritzte in eine hocherwärmte Retorte Öl ein, reinigte das hierbei entstehende Gas, das man dann unter Zwischenschaltung eines druckregelnden Gasbehälters benutzte. Als Rohstoff verwendete man meistens Paraffinöle, d. h. also Destillationsprodukte der Braunkohle, oder auch Petroleumrückstände. Als Produktionskosten für 100 cbm Ölgas rechnete man 28,40 M., der Preis von 1 cbm stellte sich also auf 28,4 Pfennige. Da man mit einem Ölgasverbrauch von 0,4 bis 0,5 cbm rechnete, so kam die Pferdekraftstunde auf rund $11^1/_2$ bis 14 Pfennige. Der Gesamtpreis der vollständigen Gasanlage betrug bei Maschinen von $^1/_2$ bis 1 PS 1070 M., bei 20 PS rund 4000 M. Ein großer Fortschritt aber wurde erst erreicht, als es gelang, heizarme Gase zu verwenden. Die ersten brauchbaren Einrichtungen dieser Art rühren von der Dowson Economic Gas and Power Co. in London her. Die Firma übertrug 1887 den Alleinverkauf ihrer Apparate für Kraftzwecke in Deutschland an die Gasmotoren-Fabrik Deutz.

Bei Verwendung von Anthrazit oder Koks gelang es, mit diesen Apparaten für die Gasmaschine gut verwendbare heizarme Gase zu erzeugen. Die Wirkungsweise besteht darin, daß man mit Hilfe eines Dampfstrahles einen Luftstrom durch die im Generator glühend gehaltene Brennstoffschicht bläst und die abziehenden Gase reinigt und in einem Gasbehälter aufsammelt. Als Brennstoffverbrauch rechnete man anfänglich höchstens 1 kg für die Stunde und effektive Pferdekraft. Bei einem 1887 von Sachverständigen durchgeführten Versuche ergab sich ein Brennstoffverbrauch von 0,764 kg.

Nicht minder bedeutsam war die Heranziehung schwer flüssiger Brennstoffe für den Kraftbetrieb. Nach sehr großen Mühen gelang es schließlich auch hier, voranzukommen.

Eine ungemein große Arbeit mußte in der ersten Hälfte der 80er Jahre von den leitenden Männern der Firma in der Verteidigung ihrer Patentansprüche geleistet werden. Der große Erfolg der Gasmaschine legte auch anderen Konstrukteuren und Firmen den Wunsch nahe, auf diesem Gebiete zu arbeiten. Das größte Hindernis war das sehr umfassende Patent auf „Ottos neuen Motor", in dessen Ansprüchen auch das ganze Arbeitsverfahren nicht nur der Viertakt-, sondern auch

der Zweitaktmaschine enthalten war. Otto und Langen beschlossen, die ihnen durch das Patent gewährten Vorrechte bis zum äußersten zu verteidigen; sie gingen gegen die Firmen gerichtlich vor, deren Maschinen unter die Deutzer Patente fielen.

Das Streben, sich möglichst weit von der Deutzer Konstruktion zu entfernen, hatte die Entwicklung des allgemeinen Gasmaschinenbaues anfangs der 80er Jahre lebhaft beeinflußt, man suchte auch im äußeren Ansehen von der Deutzer Original-Konstruktion abzuweichen. Hierhin gehört die stehende Anordnung der Maschinen, der Ersatz des Schiebers durch das Ventil. In dem Arbeitsverfahren fielen aber all diese neu entstandenen Bauarten trotzdem unter die Deutzer Ansprüche. So entwickelte sich denn aus diesen Patentstreitigkeiten der große Patentprozeß, der auf Jahre hinaus über den Kreis der hieran beteiligten Firmen die größte Beachtung fand. Eine ungemein große Arbeit ist hier auf technisch-wissenschaftlichem und technisch-rechtlichem Gebiete geleistet worden, und selten wurde wohl der geschichtlichen Entwicklung einer Erfindung so sorgsam nachgeforscht wie in diesem Prozesse. Das eifrige Suchen hatte Erfolg. Man fand in Frankreich eine in wenig Exemplaren vervielfältigte Schrift, die seinerzeit keinerlei Beachtung gefunden und die man längst vergessen hatte. Darin hatte Beau de Rochas das Viertaktverfahren beschrieben, ohne daß diese Idee zu irgend einer praktischen Verwertung gekommen war. Auch eine kleine bescheidene Maschine des Münchener Uhrmachers Reithmann kam durch diesen Streit zu einer gewissen Berühmtheit. Das Gericht hat nicht festzustellen vermocht, daß diese Maschine zwischen 1874 und 1876 schon die Viertaktanordnung aufgewiesen habe; immerhin kann natürlich mit dieser Möglichkeit gerechnet werden. Ein Vergleich von Rochas' Idee mit Ottos Erfindung läßt sich, wenn man die praktische Verwendung betrachtet, nicht ziehen. Ebenso zeigt der Vergleich der Reithmannschen Maschine mit der Ottoschen in ihrer ganzen konstruktiven Durchführung den großen Unterschied zwischen beiden Gasmaschinen, und uneingeschränkt erkennt man heute, nachdem der ganze Streit längst der Geschichte angehört, die große Bedeutung Ottos an. Otto bleibt unberührt durch alle diese Fragen der Schöpfer der praktisch verwertbaren Viertaktmaschine, von der die gesamte riesige Entwicklung der modernen Verbrennungskraftmaschine auf anderen Gebieten ihren Ausgang genommen hat. Für Otto und Langen persönlich aber waren die Kämpfe, die sich auf viele Jahre hinauszogen, ungemein bitter. Unabhängig von der wirtschaftlichen Bedeutung, die der Ausgang des Prozesses für die Firma haben mußte, fand Otto sich als Erfinder persönlich angegriffen. Er empfand die Ansprüche der Gegner als einen Eingriff in sein geistiges Eigentum, als eine Schmälerung derjenigen Ansprüche, die er sich rechtmäßig durch seine geistige Arbeit und durch die Überwindung der großen Schwierigkeiten, die auf dem Wege von der Idee zur praktischen Durchführung lagen, erworben hatte. Das Ergebnis des Prozesses war in Deutschland die Vernichtung des Hauptanspruches des Deutzer Patentes. In England wurden die Ansprüche anerkannt.

Mit dem Falle des Gasmaschinenpatentes war die gleiche Lage geschaffen wie 1800 mit dem Ablaufe des berühmten Wattschen Patentes. Jetzt wurde mit einem Schlage der Gasmaschinenbau frei. Berufene und noch öfter Unberufene stürzten sich auf das neue Arbeitsgebiet. Eine große Zahl der denkbar verschiedensten Konstruktionen entstand, um oft ebenso schnell, wie diese neue Formen emporwuchsen, auch wieder zu entschwinden. Nur verhältnismäßig wenigen Firmen gelang es, in harter Arbeit in diesem Zweige des Maschinenbaues dauernde Erfolge zu erzielen. Die Gasmotoren-Fabrik Deutz aber stand nunmehr in gleichem Wettbewerbe

mit anderen Maschinenfabriken auf ihrem ureigensten Arbeitsfelde. Es mußte sich jetzt zeigen, daß die Hoffnung Langens, die Firma sei zu einem Baume emporgewachsen, der auch jeden äußeren Luftzug vertragen konnte, berechtigt war. Mit größter Energie gingen nun die leitenden Männer daran, den Wettbewerb aufzunehmen und durch weitere Vervollkommnung und durch Ausdehnung der Anwendungsmöglichkeit die Vorrangstellung ihrer Maschinen und ihrer Firma zu behaupten.

Was die innere Organisation der Firma anbelangt, so war anfangs der 80er Jahre dadurch eine Änderung eingetreten, daß Daimler aus der Firma ausschied und daß der so erfolgreiche Konstrukteur Maybach mit ihm ebenfalls seinen Platz verließ. Daimler konnte seine großen Fähigkeiten, die er später als Unternehmer in eigener Firma zu entwickeln vermochte, unter Otto und Langen nicht so frei entfalten, wie er es wohl schon damals gewünscht haben wird. Es zeigte sich jedenfalls, daß auf die Dauer ein einmütiges Zusammenarbeiten nicht mehr durchführbar war.

An die Stelle von Daimler trat Hermann Schumm, der, 1841 geboren, 1901 als Direktor der Gasmotoren-Fabrik Deutz gestorben ist. Auch er stammte wie Daimler und Maybach aus Schwaben, und zwar aus Stuttgart. Er hatte eine sehr gute technische Ausbildung auf den damaligen polytechnischen Schulen in Augsburg und Stuttgart sowie auf dem Königlichen Gewerbeinstitut in Berlin genossen und war zuerst unter Daimler auch in der Maschinenbau-Gesellschaft Karlsruhe mit Maybach zusammen tätig gewesen. 1876 war er als Konstrukteur nach der Gasmotoren-Fabrik Deutz gekommen und hatte sich hier unter Daimler an der weiteren Entwicklung der Maschine beteiligt. Er ging dann nach Amerika, wo er in Philadelphia 1877 die Firma Schleicher, Schumm & Co. begründete, die die Aufgabe hatte, den Otto-Motor in Amerika einzuführen. Von hier ging er 1879 nach Paris, wo er die Werkstätten der neugegründeten „Compagnie Francaise des Moteurs à Gaz et des Constructions mécaniques" baute und drei Jahre leitete. Im Juni 1882 trat er als Direktor in Deutz ein. Das Zusammenarbeiten zwischen Schumm und Langen, die auch miteinander verwandt waren, gestaltete sich ausgezeichnet. Schumm wurde vor große Aufgaben gestellt.

Das stetig wachsende Arbeitsgebiet der Firma erheischte neue Geldmittel, die Fabrik mußte erweitert werden, vor allem galt es auch die Arbeitsmethoden fortlaufend zu verbessern, um billig fabrizieren zu können. 1889 konnte man mit Stolz auf das erste Vierteljahrhundert gemeinsamer Arbeit zurückblicken.

Neue Aufgaben ließen nicht auf sich warten. In erster Linie handelte es sich darum, brauchbare Flüssigkeitsmaschinen zu schaffen. Man fing an, die Verbrennungskraftmaschinen auch für die großen Aufgaben des Verkehrs zu verwenden. Man baut die Flüssigkeitsmaschine in ein Boot ein; man denkt daran, Lokomotiven mit Verbrennungskraftmaschinen auszurüsten, und die Erfolge anderer Firmen legen es nahe, sich auch im Automobilbau zu versuchen.

Den beiden Begründern der Firma aber sollte es nicht beschieden sein, das weitere Verfolgen aller dieser Bestrebungen noch zu erleben. N. A. Otto starb am 26. Januar 1891. Mit ihm ging einer jener großen Pioniere deutscher Technik dahin, der in ständiger unermüdlicher Arbeit Bleibendes geschaffen hat. Von persönlich großer Bescheidenheit, suchte er äußere Anerkennung, wo es ihm möglich war, zu vermeiden. Selbst die Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure 1881 in Köln, auf der Slaby Gelegenheit hatte, in seinem Vortrage besonders der Gasmaschine zu gedenken, besuchte er nicht aus der Befürchtung,

seine Fachgenossen könnten ihm besondere Ehren erweisen wollen. Um so mehr ist es dankbar zu begrüßen, daß die alte bayerische Universität Würzburg in der richtigen Erkenntnis der Bedeutung der Ottoschen Lebensarbeit ihm die Würde eines Ehrendoktors der Universität verlieh. Das war die einzige öffentliche Auszeichnung, die ihm zuteil geworden ist. Mit seinem Mitarbeiter Eugen Langen verband ihn bis zuletzt der Geist treuer Kameradschaft. „Er war doch immer mein bester Freund", so bekannte er noch an seinem Todestage.

Nur vier Jahre überlebte Eugen Langen seinen großen Mitarbeiter. Am 2. Oktober 1895 entriß ihn nach kurzer Krankheit der Tod seiner umfassenden Wirksamkeit. Seine Lebensarbeit, so eng sie auch mit der Schöpfung und weiteren Entwicklung der Verbrennungskraftmaschine verbunden war, erstreckte sich, wie schon früher gezeigt wurde, noch auf viele andere technische Gebiete. In erster Linie ist hier die Zuckerindustrie zu nennen; aber auch darüber hinaus hat sein reger Geist sich in den verschiedensten Aufgaben versucht. Mit seinem Bruder und seinen Freunden begründete er die Maschinenfabrik Grevenbroich. Er schuf mit Guilleaume in Köln schon in den ersten Jahren der Elektrotechnik eine Fabrik für elektrische Beleuchtungsanlagen, die er dann mit Schuckert & Co. in Nürnberg vereinte. Mit Werner von Siemens und anderen hervorragenden Männern der Technik hat sich Langen auch eingehend mit der Entwicklung der Mannesmann-Röhren-Walzwerke befaßt. Ebenfalls ist die Begründung der Rhein-Seeschiffahrt-Gesellschaft in Köln 1885 mit auf seine Initiative zurückzuführen.

Es sei daran erinnert, daß auch die Idee der Schwebebahn, wie sie in Barmen und Elberfeld ausgeführt wurde, von ihm herrührt. Über die eigentliche industrielle Betätigung hinaus hat Langen seine große Arbeitskraft in den Dienst des Allgemeinwohls gestellt. Er war seiner Stadt ein allzeit williger Berater, und hat sich auch für seine Fachgenossen im Rahmen des Vereins deutscher Ingenieure als Vorsitzender des Kölner Bezirksvereines und als Vorsitzender des Gesamtvereines 1873 und 1880 in bereitwilligster Weise zur Verfügung gestellt.

Nicht minder hoch ist seine Mitarbeit in den industriellen und wirtschaftlichen Vereinigungen eingeschätzt worden. Mit den Fragen des Eisenbahntarifes, der allgemeinen Transportverhältnisse, der Zollgesetzgebung, der kolonialen Bestrebungen und vor allem auch der Patentgesetzgebung hat sich Langen eingehend befaßt. Hier brachte er seine weitgehende Lebenserfahrung zur Geltung. Mit Werner von Siemens, Klostermann und andern hat er Anfang der 70er Jahre den deutschen Patentschutzverein gegründet.

War in Otto der große Erfinder von uns gegangen, so verlor Deutschland in Langen neben dem hervorragenden Ingenieur auch den weitsichtigen, tatkräftigen Industriebegründer großen Stils.

Elektrische Bahnen.

Ihre Entwicklung bei der Gesellschaft Siemens & Halske im Zeitraum 1879 bis 1884.

Von

Prof. Dr. Ad. Thomälen, Karlsruhe.

Die Versuche, den elektrischen Strom zur Beförderung von Personen oder Lasten nutzbar zu machen, liegen schon verhältnismäßig weit zurück. So wurde im Jahre 1835 auf der Ausstellung in Springfield, Massachusetts, und später in Boston eine von Thomas Davenport gebaute elektrische Lokomotive gezeigt. Jacobi fuhr im Jahre 1838 auf einem elektrisch angetriebenen Boot auf der Newa, und in demselben Jahre baute der Schotte Robert Davidson eine elektrische Lokomotive, die sogar auf der Strecke Edinburgh — Glasgow im Betrieb gewesen ist.



Werner Siemens,
geb. 13. 12. 1816, gest. 6. 12. 1892.

Alle diese Versuche konnten zu keinem wirklichen Erfolge führen, da sie zur Erzeugung des elektrischen Stromes galvanische Elemente benutzten. Es war mit Rücksicht auf die Kosten gänzlich ausgeschlossen, zur Leistung mechanischer Arbeit die Energie heranzuziehen, die durch Oxydation des Zinks im galvanischen Element frei wird. Der Ersatz der galvanischen Elemente durch elektrische Maschinen kam nicht in Frage, so lange diese Maschinen statt der Elektromagnete Stahlmagnete enthielten, die sich als zu teuer, unbeständig und schwach erwiesen. Wenn also auch die erwähnten Versuche in entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht nicht ohne Bedeutung waren, so war doch die Frage der elektrischen Personen- und Lastenbeförderung damals schließlich nur eine technische Spielerei. Dies findet auch seinen Ausdruck in der Äußerung, die Werner Siemens im Jahre 1847 tat: „Wenn ich mal Muße und Geld habe, will ich mir eine elektromagnetische Droschke bauen."

Mit einem Schlage änderte sich die Sachlage durch die Erfindung der Dynamomaschine. Es ist das unvergängliche Verdienst von Werner Siemens, daß er nicht nur mit der Dynamomaschine eine Stromquelle von bisher nie gekannter Mächtigkeit

erschloß, sondern sofort die umwälzende Bedeutung dieser seiner Erfindung in ihrer vollen Wichtigkeit erkannte und, als Pionier an erster Stelle vorgehend, diese Umwälzung in jahrelanger rastloser Arbeit verwirklichte.

Auf keinem anderen Gebiete der Starkstromtechnik tritt der persönliche Anteil, den Werner Siemens an der Entwicklung gehabt hat, so stark hervor, wie bei den elektrischen Bahnen, auf keinem andern Felde des Starkstromes ist er derartig schöpferisch tätig gewesen. Die Verwendung des elektrischen Stromes für Bahnzwecke ist seit der Erfindung der Dynamomaschine sein Lieblingsgedanke gewesen. So sagt er 1879 in einem Vortrag im Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes[1]):

„Im ersten Erfindungseifer nach Auffindung des dynamo-elektrischen Prinzips und der dadurch gegebenen Möglichkeit, beliebig starke Ströme billig zu erzeugen, träumte ich schon von einem Netze hängender elektrischer Eisenbahnen über den Straßen Berlins."


Friedrich v. Hefner-Alteneck, geb. 27. 4. 1845, gest. 7. 1. 1904.

Bei Gelegenheit des Umganges mit Gelehrten und Fachmännern auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1867 trat Werner Siemens bereits mit diesem Gedanken hervor. Wir besitzen darüber folgendes Zeugnis in einem Schreiben, das Professor Reuleaux am 27. November 1881 an Werner Siemens richtete:

„Ich erinnere mich vollkommen, daß Sie in meiner Gegenwart auf der Pariser Ausstellung 1867 Ihre Ansichten und Pläne hinsichtlich des Betriebes von Eisenbahnen in Berlin mittels des elektrischen Stromes, geliefert durch Ihre (damals ausgestellte) dynamoelektrische Maschine, dargelegt haben ... Es wurde die praktische Durchführbarkeit Ihrer Idee auch unter Hinweis auf einen damals kursierenden Vorschlag erörtert, aus den etwa 8 bis 9 Meilen von Berlin belegenen Braunkohlen- bezw. Torfgebieten einen gewaltigen elektrischen Strom vermittelst einer großen, nach Ihrem System zu erbauenden dynamo-elektrischen Maschine in die Stadt zu leiten und diesen Strom in verschiedener Weise entweder dynamisch oder chemo-elektrisch wieder zu benutzen. Dabei wurde erwogen und durch Sie ausgeführt, daß und welche Verluste durch die zweimalige Umsetzung, nämlich von Kraft in Strom und von Strom in Kraft, stattfinden würden, und hervorgehoben, daß die beiden Verluste zusammen 50% nicht erreichen würden. Der elektrische Eisenbahnbetrieb wurde dabei ebenfalls von Ihnen als einer gesicherten Zukunft entgegengehend bezeichnet und von Ihnen gesagt, daß die Ausführungsform von Ihnen vorgesehen sei. Der Strom sollte durch die Schienen zu- und abgeleitet werden.

Daß Werner Siemens schon im Jahre 1867 den Gedanken einer elektrischen Hochbahn durch Berlin faßte, erscheint um so bemerkenswerter, als die Dynamomaschine doch im Grunde genommen nur erst in ihrem Prinzip gefunden war. Die Ausführung zeigte noch so wesentliche Unvollkommenheiten, daß schon ein starkes Vertrauen in die Lebensfähigkeit und Entwicklungsmöglichkeit der neuen Erfindung — auch ein starkes Vertrauen in die eigene Kraft — dazu gehörte, eine elektrische Hochbahn ausführbar erscheinen zu lassen. Wir müssen dabei noch berücksichtigen, daß die Verwendung der Dynamomaschine als Elektromotor, wenn sie auch grundsätzlich feststand, doch in Wirklichkeit noch in weiter Ferne lag. Je mehr wir versuchen, uns in die damalige Zeit hineinzuversetzen, desto unfaßbarer

[1]) Wissenschaftliche u. Technische Arbeiten von Werner Siemens. Bd. II, 2. Aufl. Berlin 1891, S. 368.

und unbegreiflicher erscheint uns der hohe und rasche Geistesflug, der die Entwicklung von Jahrzehnten vorwegnehmend dem Gang der Technik die Bahnen wies. Nicht die Freude über das neugeborene Kind, wie Siemens sich gelegentlich ausdrückt, sondern die Voraussicht und der Wille des Genies waren es, aus denen der kühne Plan des elektrischen Eisenbahnwesens entsprang.

Es dauerte aber 12 Jahre, bis der erste Schritt zur Verwirklichung einer elektrischen Bahn getan werden konnte. Aus dem unvollkommenen ersten dynamoelektrischen Apparat, der noch mit Doppel-T-Anker ausgerüstet war, entstand in den Siemensschen Werkstätten unter Benutzung des Pacinottischen vielteiligen Kommutators und der durch v. Hefner erfundenen Trommelwicklung im Laufe der Jahre eine Maschinenform, mit der Siemens endlich den nie fallen gelassenen, aber lange Zeit in den Hintergrund gedrängten Gedanken der elektrischen Kraftübertragung in die Tat umsetzen konnte. Diese Bauart, die als D-Maschine bezeichnet wurde, ist in Abb. 1 dargestellt. Nachdem Mitte und Ende des Jahres 1877 frühere Versuche, die Dynamomaschine ohne weiteres als Elektromotor zu verwenden, in größerem Maßstabe wieder aufgenommen waren, trat Werner Siemens dem Plan einer elektrischen Bahn näher.

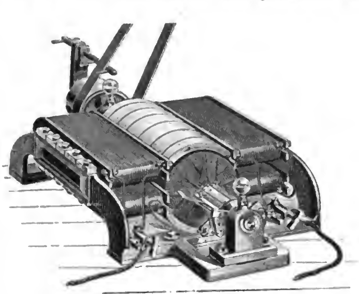


Abb. 1.
Dynamomaschine vom Jahre 1879.

Den äußern Anlaß bot eine Anfrage des Baumeisters Westphal in Cottbus, der, angeregt durch einen von Wilhelm Siemens in London gehaltenen Vortrag, eine Kohlengrube in Cottbus zur Übertragung elektrischer Energie nach Berlin nutzbar machen wollte. Für eine solche Anlage, bei der die Energie auf über 100 km Entfernung zu übertragen gewesen wäre, war aber die Zeit noch nicht gekommen. In der Unterredung, in welcher dies dem Baumeister Westphal auseinandergesetzt wurde, riet Werner Siemens, in dem Schacht des Herrn Westphal eine elektrische Kohlenförderung einzurichten, worauf dann Siemens & Halske an den Bau der dafür erforderlichen Lokomotive gingen. Sie schickten sich an, diese auf der Berliner Gewerbe- und Industrieausstellung im Jahre 1879 auszustellen und erklärten sich mündlich bereit, Westphal als Besteller zu nennen, wenn eine schriftliche Bestellung erfolge. Diese blieb jedoch aus. So ist die Lokomotive (Abb. 2) nur auf Ausstellungen vorgeführt und hat dann später ihren Platz im Deutschen Museum für Meisterwerke der Naturwissenschaft und Technik in München gefunden. Die Forderung Westphals, daß er bei Ausstellung der Lokomotive als deren geistiger Mitarbeiter bezeichnet werde, wies Werner Siemens treffend mit der Bemerkung zurück:[1])

[1]) Brief vom 10. 6. 79 an Baumeister Westphal, Stadtgrube Senftenberg, Niederlausitz.

„Ich dächte, Ihre Kenntnis von der Sache entstammte ausschließlich unseren Vorschlägen und Aussprüchen und beschränkt sich auch jetzt wohl noch darauf." Die Lokomotive zog auf der Gewerbeausstellung in Berlin 1879 drei kleine je sechs Personen fassende Wagen auf einem rund um die Ausstellung verlaufenden Gleis von 300 m Länge (Abb. 3). Die Fahrgeschwindigkeit betrug etwa 7 km/st. Der Aufbau der Lokomotive war denkbar einfach. Auf den beiden Radsätzen mit Laufrädern von 400 mm Dmr. und 0,5 m Radstand ruhte ein eisernes Rahmengestell, das gegen die Lager nur durch Gummilagen abgefedert war. Der Motor war eine der Siemensschen D-Maschinen, mit glatter, bewickelter Trommel und einem zweipoligen Magnetsystem, das aus einer Reihe von nebeneinander liegenden Stäben mit Folgepolen bestand. Er entwickelte bei 600 bis 700 Uml./min. eine Leistung von 3 PS. Die Längsachse des Motors war mit Rücksicht

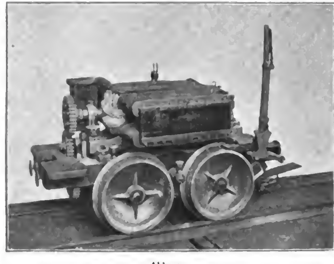


Abb. 2.
Elektrische Lokomotive 1879.

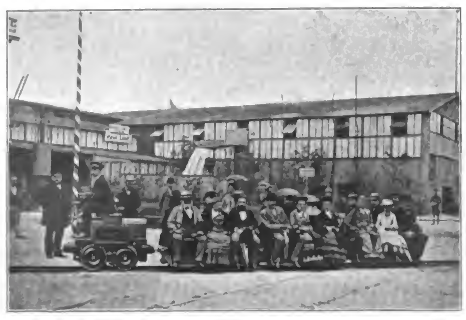


Abb. 3.
Elektrische Bahn 1879.

auf die kleine Spurweite und die damals bei den Siemensmaschinen übliche große Baulänge in die Fahrtrichtung gelegt. Die Übertragung auf die Laufachsen erfolgte mit einer Gesamtübersetzung 2,45:1 durch Stirnräder und konische Zahnräder. Wegen

der damals erforderlichen starken Verstellung der Bürsten aus der neutralen Zone und des schrägen Aufliegens der Metallbürsten war eine Umsteuerung des Motors — wenigstens bei einem einfachen Bürstenpaar — nicht angängig. Die Änderung der Fahrtrichtung erfolgte daher bei gleichbleibender Drehrichtung des Motors durch ein Wendegetriebe, bestehend aus zwei konischen, auf gemeinschaftlicher Achse angeordneten Zahnrädern, von denen je nach der Fahrtrichtung das eine oder das andere in ein drittes zugehöriges Zahnrad eingriff. Der Motor wurde durch einen Flüssigkeitsanlasser in Gang gesetzt. Das Bremsen geschah durch hölzerne Bremsklötze.

Der Generator, ebenso gebaut wie der Motor, hatte einen Ankerdurchmesser von 25 cm und einschließlich der über die Stirnfläche gewickelten Drähte eine Ankerlänge von 65 cm. Er lieferte eine Spannung von 150 V. Der Kommutator bestand aus einer Holztrommel, die auf ihrem Umfang acht Kupferstreifen trug. Die Maschine war also noch von der älteren Bauart, die damals im übrigen bereits zugunsten einer Ausführung mit 56 teiligem Kommutator verlassen war. Sie war ebenso wie der Motor als Hauptstrommaschine gebaut, wie denn überhaupt die von Wheatstone 1867 angegebene Nebenschlußerregung lange Zeit nicht in Betracht gezogen wurde. Sie war zwar Werner Siemens bekannt, der sie 1867 geradezu die Wheatstonesche Schaltung nennt. Aber erst 1879 wurden bei Siemens & Halske auf Grund einer durch Wilhelm Siemens, London, gegebenen Anregung Versuche mit Nebenschlußmaschinen gemacht, die zunächst nur für chemische Maschinen Vorteile zu versprechen schienen.

Der Strom wurde dem Motor durch eine zwischen den Laufschienen liegende dritte Schiene zugeführt und durch die Laufschienen zurückgeleitet. Die Räder der Lokomotive waren elektrisch mit denen der Wagen verbunden, um den Kontakt mit den Schienen zu verbessern.

Wie es in der Natur der Sache lag, erschien die Ausstellungsbahn zunächst der großen Menge als ein Mittel der Zerstreuung und Unterhaltung. Im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1879 heißt es:

„Besonders die liebe Jugend, aber auch Damen und ältere Herren mit ergrautem Haare drängen sich zu diesen Fahrten, und wenn der erste Zug durch die Tischreihen einer größeren Restauration saust, wird er von den Gästen stets mit einem Hurra begrüßt."

Sicher hatte Werner Siemens seinen Zweck, den Gedanken des elektrischen Eisenbahnwesens in die große Öffentlichkeit zu tragen, durchschlagend erreicht. Aber er mochte doch denken, „die ich rief, die Geister, werd ich nun nicht los." Siemens & Halske wurden in der folgenden Zeit mit Anfragen bestürmt, in denen um Überlassung des „elektrischen Eisenbahnapparates" gebeten wurde. Bald war es eine Landes-, Garten-, Landwirtschafts- oder Jagdausstellung, bald ein Volksfest oder ein Vogelschießen, bald endlich ein Vergnügungspark, eine Restauration oder ein Affentheater, die alle die elektrische Bahn leihen wollten und von ihr eine Rieseneinnahme erhofften. Ein Briefschreiber erkundigt sich nach der Maschine, die „auf Rädern läuft und wo oben ein Mann sitzt, der sie mit einer Feder in Bewegung setzt, aber nicht mit Dampf- oder Handbetrieb". Selbst die Zeitschrift „Scientific American" sprach, wenn auch in durchaus harmloser Weise, von der Siemensschen Karussellbahn (Dr. Siemens' merry-go-round).

Die Berliner Ausstellungsbahn oder eine ähnliche ist denn auch auf mehreren Ausstellungen gezeigt worden, wie z. B. in Düsseldorf, Frankfurt und Brüssel. Es

scheint auch, als ob Siemens & Halske eine derartige Bahn in dem einen oder anderen Falle auf Verlangen anboten. Dafür findet sich folgende Preisangabe vor:

Lokomotive ohne Dynamomaschine und ohne Vorgelege	2500	ℳ
2 dynamo-elektrische Maschinen Modell D je	3300	„
3 Wagen je	450	„
Gleisanlage für jedes Meter	13	„
Schienenreiniger	102	„

Siemens & Halske folgten aber nur ungern diesem Gange der Entwicklung und antworteten z. B. auf eine Anfrage, „daß sie solche, der Unterhaltung und Instruktion dienenden Sachen zwar auf Bestellung machten, daß sie aber derartigen Spielbahnen kein Interesse abgewinnen könnten".

Tatsächlich war das Ziel, das sich Siemens & Halske steckten, ein ganz anderes. Bereits Anfang des Jahres 1880 lag bei ihnen der Entwurf einer Hochbahn durch die Friedrichstraße in Berlin — vom Wedding bis zum Belle-Alliance-Platz, d. h. hin und zurück 10 km — fertig bearbeitet vor. Diese Bahn war als das erste Glied einer Reihe von elektrischen Hochbahnen gedacht, welche an die Stationen der von Osten nach Westen verlaufenden Berliner Stadtbahn in nördlicher und südlicher Richtung anschließen sollten. Wie wir sahen, hatte Werner Siemens den Plan einer solchen Hochbahn bereits 1867 unmittelbar nach Erfindung der Dynamomaschine gefaßt. Als er ihn auf der Pariser Weltausstellung 1867 einem höheren Eisenbahnfachmann mitteilte, erschien diesem die Sache als „eine schwer realisierbare Idee"[1]. Nachdem aber inzwischen (seit 1871) mit Dampf betriebene Hochbahnen in New York mit Erfolg eingeführt waren, schien der Errichtung von Hochbahnen in Berlin kein Hindernis im Wege zu stehen. So ist es begreiflich, daß Werner Siemens sofort nachdem der elektrische Antrieb seine Probe bestanden hatte, daran ging, seine Pläne zu verwirklichen.



Abb. 4a.

In Abb. 4 ist das von Siemens & Halske entworfene Bahngerüst abgebildet, das auf jeder Straßenseite an der Kante des Bürgersteiges in Abständen von 10 m durch schmiedeiserne Säulen getragen werden sollte. Die Spurbreite war zu 1 m, die Wagenbreite zu 1,65 m angenommen. Die Wagen sollten einschließlich des Motors bei der Besetzung von 15 Fahrgästen 3 Tonnen wiegen und mit Hilfe von Riemenübertragung durch je einen Motor von 5 PS mit 30—40 km/st angetrieben werden. Bei dem geplanten 5-Minutenverkehr und der Fahrzeit von 30 Minuten für die ganze Strecke wären gleichzeitig 6 Wagen auf der Strecke gewesen, wozu noch 4 Reservewagen kommen sollten. Die Stromerzeuger wollte man auf beide Enden der Bahn verteilen und bei dem angenommenen elektrischen Wirkungsgrad von 50 vH durch Dampfmaschinen von zusammen 60 PS antreiben. Als Stromzuführung war Hin- und Rückleitung durch die Laufschienen gewählt, wozu Schienenverbinder aus verzinktem Eisenblech angebracht werden sollten. Für das Stillsetzen des Wagens wurde der allmähliche Kurzschluß des Motors ins Auge gefaßt.

[1]) Wissenschaftliche und Technische Arbeiten von Werner Siemens. Bd. II, 2. Aufl. Berlin 1891, S. 402.

Der Kostenanschlag lautete auf:

Bahnanlage	1 220 000 *M*
10 Wagen ohne Motoren	30 000 „
10 Motoren	33 000 „
Stromerzeuger	18 000 „
Dampfmaschinen	18 000 „
Kessel	3 000 „
Maschinenhaus, Wagenschuppen	23 700 „
Grundstück	90 000 „
Verschiedenes	14 300 „
	1 450 000 *M*

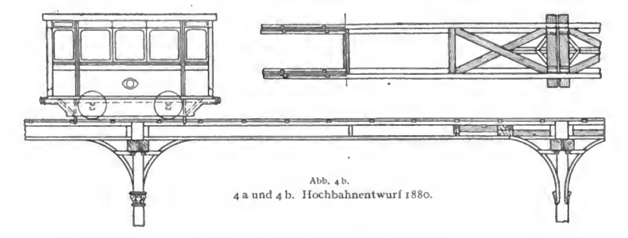


Abb. 4 b.
4 a und 4 b. Hochbahnentwurf 1880.

Die jährlichen Gesamtkosten wurden wie folgt geschätzt:

Betriebskosten	68 400 *M*
Amortisation	24 750 „
Unterhaltung	28 750 „
Verzinsung (5%)	72 500 „
	194 400 *M*

Um diese Kosten zu decken, hätten die Wagen bei einem Fahrgeld von 5 Pf. durchschnittlich mit 5 bis 6 Fahrgästen besetzt sein müssen.

Der Sprung von der „Miniaturbahn" auf der Ausstellung zur Hochbahn war hinsichtlich des elektrischen Teils nicht ganz so gewaltig, wie es bei oberflächlicher Betrachtung den Anschein hat. Die Ausstellungsbahn hatte in 5 Monaten 86 000 Personen befördert. Wenn dies von der ersten kleinen Lokomotive geleistet wurde, so konnte einem Motor im Hochbahnwagen auch wohl zugetraut werden, daß er seine Schuldigkeit tun würde. Tatsächlich hat ja Werner Siemens kurz nachher durch die Lichterfelder Bahn und später 1883 durch die Bahn auf der Wiener Ausstellung den Beweis geführt, daß der elektrische Teil dem regelmäßigen Personenverkehr gewachsen war. Dennoch war der Plan einer Hochbahn in Berlin außerordentlich kühn. Es ist keine Frage, daß Werner Siemens mit geringen Mitteln einen großen Wurf wagte und manches Lehrgeld zu zahlen gehabt hätte. Aber Opfer zu bringen, war er bereit. So hatte er am 3. Oktober 1879 an seinen Bruder Karl geschrieben:

„Daß Euer Dynamokonto bisher kein Plus zeigen würde, glaube ich gern. Ich hoffe es auch bei uns für dieses Jahr noch gar nicht, finde es überhaupt ein übertriebenes Verlangen, an einer Sache, die noch in der Entwicklung ist, schon verdienen zu wollen. Es werden im besten Falle noch Jahre vergehen, bevor wir unsere vieljährigen Versuchskosten gedeckt haben werden."

Die geschäftliche Lage der Gesellschaft Siemens & Halske war ja auch derartig, daß sie ohne einen sofortigen materiellen Erfolg ihre ganze Kraft auf ein Unternehmen wenden konnte, von dessen wirtschaftlicher Bedeutung sie überzeugt war. Sie entschloß sich daher, das erste Glied der geplanten Berliner Hochbahnen, d. h. die Strecke durch die Friedrichstraße, auf eigene Kosten und Gefahr zu bauen, wenn sie auch eine weitere Ausgestaltung des Berliner Hochbahnnetzes einer besonderen Unternehmergesellschaft überlassen wollte.

Daß Schwierigkeiten in Menge auftreten werden, dessen war sich Werner Siemens bewußt. Aber das Vertrauen in seine eigene Kraft ließ ihn nicht schwankend werden, da er wußte, daß er die Hauptsache beherrschte. So sagt er 1880 in einem Vortrag in der Polytechnischen Gesellschaft[1]):

„Es ist allerdings noch vieles zu ermitteln und zu konstruieren. Ich will nicht sagen, daß die Konstruktionen in allen Beziehungen schon mustergiltig sind, aber das Prinzip ist derartig, daß kein theoretisches Hindernis der Praxis entgegensteht. Denn mit der Theorie ist nicht zu spaßen, wenn die etwas verbietet, so hilft die Praxis nicht. Wenn aber die Grundlage feststeht, so ist unsere Industrie imstande, die Hindernisse zu überwinden, und so glaube ich, daß wir in der Lage sind, den Bau von elektrischen Bahnen durch Berlin ernsthaft in Angriff zu nehmen."

Zweifellos wäre die Entwicklung der elektrischen Bahnen durch die Ausführung des Hochbahnentwurfes außerordentlich gefördert worden. Gerade mitten im großstädtischen Betriebe mußten die noch vorhandenen Unvollkommenheiten zu Tage treten, und die Forderung des Augenblickes hätte die Entwicklung zu einer höheren Stufe erzwungen.

Auf das Konzessionsgesuch vom 14. Febr. 1880 antwortete der Berliner Magistrat, „daß er mit großem Interesse von dem Entwurf Kenntnis genommen habe und der Erteilung einer Genehmigung zum Bau von elektrischen Hochbahnen durch die Straßen Berlins nicht abgeneigt sei." Ebenso erhob das Eisenbahnministerium keine Bedenken gegen den unmittelbaren Anschluß von elektrischen Hochbahnen an die Berliner Stadtbahn, wenn es auch die Anfrage, ob die Hochbahn in der Friedrichstraße vielleicht gleich als Glied einer großen Reihe staatlicher Hochbahnen in Berlin gebaut werden sollte, „wegen des lokalen Charakters solcher Bahnen" ablehnend beantwortete.

Inzwischen war der Plan der Errichtung einer Hochbahn durch die Friedrichstraße in die große Öffentlichkeit gedrungen, besonders dadurch, daß Werner Siemens die Frage in Vorträgen vor dem Elektrotechnischen Verein und der Polytechnischen Gesellschaft, Berlin, behandelt hatte[2]). Nun erhoben die Grundbesitzer und Bewohner der Friedrichstraße in einer Petition an die Behörde Einspruch gegen den Entwurf. Sie wiesen darauf hin, daß durch die Hochbahn das Straßenbild verunstaltet würde und das Bedürfnis einer Verkehrserleichterung nicht bestände. Nach den Erfahrungen mit den Pferdebahnen sei nicht eine Zunahme, sondern eine Abnahme des Geschäftsverkehrs in der Friedrichstraße zu erwarten. Das Gerüst der Bahn werde eine ständige Schmutztraufe bilden, die Pferde würden durch den Bahnverkehr scheu

[1]) a. a. O. S. 417.

[2]) a. a. O. S. 392 und 410.

werden, Fußgänger würden künftig die Straße meiden. Die Straße sei ohnehin schmal. Die gleichzeitig mit der Bahnanlage geplante Errichtung einer elektrischen Beleuchtung werde die Einnahmen der städtischen Gasanstalt schädigen. Der Mietertrag werde sich mindestens um ein Drittel verringern. Schließlich sei die Hauptverkehrsader der Residenz nicht als Versuchsfeld geeignet, „da man doch Experimente nur in corpore vili zu machen pflegt". Die Straßenbewohner sträubten sich also lebhaft gegen die ihnen zugedachte Rolle der Versuchskaninchen.

Die erhobenen Einwände, die sicher zum Teil begründet waren, brachten den Entwurf zum Scheitern. Am 29. Mai erteilte das Polizeipräsidium den folgenden Bescheid:

„Im Auftrage des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten werden Ew. Wohlgeboren unter Bezugnahme auf das gefällige Schreiben vom 14. Februar d. Js. davon ergebenst in Kenntnis gesetzt, daß Seine Majestät der Kaiser und König aus Anlaß einer Immediatvorstellung des Hofjuweliers Rosenthal und zahlreicher anderer Hauseigentümer und Bewohner der großen Friedrichstraße Allergnädigst zu bestimmen geruht haben, Sie von der Unstatthaftigkeit einer elektrischen Hochbahn in dieser Straße zu verständigen. Die Breite der Friedrichstraße ist vielfach so gering, daß bisher nur vom Belle-Alliance-Platz bis zur Kochstraße und von der Weidendammer Brücke bis zum vormaligen Oranienburger Tor eine Pferdeeisenbahn hat zugelassen werden können. In dem Teile der Straße zwischen der Behren- und Mittelstraße haben dagegen nicht einmal Gaskandelaber aufgestellt werden können, vielmehr mußten Gasarme an den Häusern angebracht werden. Bei dieser Sachlage erscheint das vorliegende Projekt, welches einen nicht unerheblichen Teil des beiderseitigen Bürgersteiges für die Pfeiler und einen viel größeren Raum in der Luftsäule der Straße für die Schienen und Wagen in Anspruch nimmt, als nicht statthaft. Dem Bestreben, elektrische Eisenbahnen an dazu geeigneten Punkten anzulegen, ist durch den Allerhöchsten Erlaß im übrigen ein wohlwollendes Entgegenkommen zugesichert worden."

Siemens & Halske reichten nun beim Polizeipräsidium einen Plan ein, nach welchem unter Verzicht auf die Friedrichstraße von den Haltestellen der Stadtbahn elektrische Hochbahnen in radialer Richtung ausgehen und größtenteils in die Ringeisenbahn einmünden sollten. Außerdem sollten die sämtlichen Berliner Fernbahnhöfe durch eine ringförmige elektrische Hochbahn verbunden werden. Sie wiesen u. a. darauf hin, daß gerade Hochbahnen von fachmännischer Seite als das gegebene Mittel für Schnellverkehr angesehen würden, und baten um Angabe einer Straße zur Ausführung einer Probestrecke. Die Zeichnungen einer Bahnanlage in der Mitte der Straße, einer Haltestelle, einer Überführung und eines Wagens waren dem Gesuch beigelegt.

Hierauf antwortete das Kgl. Polizeipräsidium:

„Euer Wohlgeboren bedauert das Polizeipräsidium auf die Eingabe vom 10. Juli cr. eröffnen zu müssen, daß die Anlage einer elektrischen Hochbahn in der Markgrafen-, Junker- und Ritterstraße oder in andern Straßen hiesiger Stadt zur Zeit nicht für zulässig zu erachten ist, da die besonders verkehrsreichen Straßen von mäßiger Breite, für welche eine Entlastung zu wünschen wäre, hierzu ungeeignet sind, im übrigen aber ein Bedürfnis zur Errichtung von Hochbahnen bis jetzt nicht vorliegt.

Jedenfalls erscheint es geboten, zunächst noch nähere Erfahrungen darüber zu sammeln, ob und inwieweit durch den Betrieb der Hochbahnen die Anwohner geschädigt und der übrige Verkehr belästigt werde. Zu derartigen Versuchen wird sich außerhalb des Polizeibezirks von Berlin leichter geeignete Gelegenheit finden, als innerhalb desselben."

Im Gegensatz dazu schrieb am 3. Jan. 1881 der Berliner Magistrat an Siemens & Halske:

„In Erwiderung des gefälligen Schreibens können wir Ihnen nur unser Bedauern darüber aussprechen, daß das Königliche Polizei-Präsidium es abgelehnt hat, die Konzession zur Errichtung einer solchen Bahn zu erteilen.

Wir haben großes Interesse daran, daß eine elektrische Bahn in hiesiger Stadt hergestellt wird, und sind gern bereit, auch anderen Behörden gegenüber alle irgend zulässigen Schritte zu tun, um ein solches Projekt zu verwirklichen.

Wir ersuchen Sie deshalb, uns eventuell ein solches Projekt, von dem Sie glauben, daß die etwa entgegenstehenden Bedenken wohl überwunden werden könnten, vorzulegen.

Ebenso wie in Berlin scheiterten die Verhandlungen wegen Errichtung einer Hochbahn auch in Hamburg, „da die Behörden keine Neigung zeigten, in die berechtigten oder unberechtigten Eigentümlichkeiten der einzelnen Bürger einzugreifen".

Gegenüber den vielen Vorschlägen und Anfragen wegen Errichtung von elektrischen Bahnen an anderen Orten betonten Siemens & Halske, „daß sie nach ihrem ursprünglichen und wohlüberlegten Entschluß sich auf die Lieferungs- und Ausführungsentreprisen in diesem Geschäftszweige beschränkten wollten, unter Verzicht auf die Vorteile, die die Negozierung solcher Unternehmungen bietet". „Wir befassen uns nicht mit der Begründung von elektrischen Bahnen", heißt es wiederholt in Antwortschreiben der Gesellschaft. Hier tritt also der auch sonst von Siemens & Halske vertretene Standpunkt der möglichsten Fernhaltung von der Unternehmertätigkeit scharf hervor. Das Anerbieten, die Hochbahn in der Friedrichstraße auf eigene Kosten und Gefahr zu bauen, steht hiermit nicht in Widerspruch. Diese Anlage war in den Augen der Gesellschaft nicht ein Unternehmen, das Gewinn abwerfen sollte, sondern ein Versuch im Großen, bei dem sich wegen der unmittelbaren Nähe der Fabrikationsstätte der Gesellschaft die Möglichkeit einer dauernden Beobachtung und Überwachung bot.

Siemens & Halske waren also entschlossen, die Begründung von elektrischen Bahnen abzulehnen, andererseits aber war es ihr fester Wille, die Einführung solcher Bahnen nicht anderen zu überlassen, sondern selbst in die Hand zu nehmen. Aus diesem Gesichtspunkt entstand der Plan, in Lichterfelde bei Berlin eine elektrische Bahn für regelmäßige Personenbeförderung auf einer Strecke von $2^1/_2$ km ins Leben zu rufen, ohne Rücksicht darauf, ob die Anlage in ihrer ersten Ausführung verzinslich sein würde.

Die Anregung zum Bau der Bahn in Lichterfelde ging von dortigen Einwohnern aus, die eine Verbindung zwischen dem Bahnhof Lichterfelde der Berlin-Anhalter Bahn und dem Kadettenhaus in Lichterfelde wünschten. In dem Konzessionsgesuch, das Siemens & Halske am 19. Oktober 1880 einreichten, hieß es:

„Wenngleich wir diese Bahn als eine Versuchsbahn betrachten, auf welcher wir Erfahrungen für ähnliche größere Unternehmungen zu sammeln gedenken, so liegt es doch mit Rücksicht auf das von uns angewendete Kapital einerseits und bei dem praktischen Interesse der Bewohner der Kadettenanstalt und des übrigen dortigen Publikums an einem bequemen Verkehrsmittel anderseits in unserer Absicht, die Bahn so zu führen und zu betreiben, daß sie den Personenverkehr gegen einen angemessenen Fahrpreis zwischen den beiden bezeichneten Endpunkten sicher stellt.

Wir unterstützen unser Gesuch mit dem Hinweis darauf, daß nicht allein unsere erste, im kleinsten Maßstabe ausgeführte elektrische Eisenbahn, sondern auch unser allgemein bekannt gewordenes Projekt, in der Stadt Berlin einige elektrische Straßenbahnen auszuführen, in der ganzen Welt eine Bewegung hervorgerufen hat. Wir würden aber die führende Stellung zu verlieren Gefahr laufen, wenn wir nicht ungesäumt eine Versuchsbahn ausführen."

Die Verhältnisse lagen in Lichterfelde besonders günstig, und das uneigennützige Zusammenwirken aller beteiligten Stellen führte zu einem raschen Abschluß. Der Rittergutsbesitzer Carsten überließ auf zwei Jahre pachtfrei den ihm gehörenden vom übrigen

Gelände abgesonderten Bahnkörper einer früheren Materialtransportbahn und trat das ihm zustehende Recht auf Errichtung einer Pferdebahn ohne Entschädigung ab.

Wie bei dem Entwurf der Hochbahn, so wurde auch für die Lichterfelder Bahn, die ja ebenfalls einen eigenen Bahnkörper hatte, die Hin- und Rückleitung durch die Laufschienen gewählt, wobei die Schienen elektrisch durch federnde verzinkte Eisenbleche verbunden wurden. Die Isolierung der Laufschienen gegeneinander wurde durch Lagerung auf Holzschwellen erreicht. Sie war natürlich unvollkommen, jedoch hatten Vorversuche ergeben, daß bei der größten vorkommenden Spannung von etwa 180 V der Stromübergang nicht unzulässig groß sein würde. Für den Fall etwa eintretender Schwierigkeiten war die Verlegung einer dritten Schiene oder einer Oberleitung, wie sie schon damals von Siemens & Halske durchgebildet wurde, ins Auge gefaßt. Werner Siemens sagte mit Bezug auf die gewählte Art der Zuleitung:

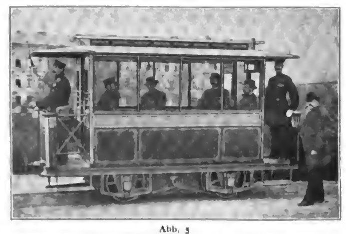


Abb. 5
Lichterfelder Bahnwagen 1881.

„Es kann also die Lichtenfelder Bahn keineswegs als Muster einer elektrischen Bahn zu ebener Erde betrachtet werden; sie ist vielmehr als eine von ihren Säulen und Längsträgern herabgenommene und auf den Erdboden verlegte Hochbahn aufzufassen."

Wie beim Hochbahnentwurf, so wurde auch für die Lichterfelder Bahn ein Betrieb mit Motorwagen statt mit Lokomotive vorgesehen, und zwar fuhr zunächst nur ein einziger Wagen auf der Strecke. Dieser Motorwagen (Abb. 5), der für die Folgezeit vorbildlich gewesen ist, bildet den wesentlichen technischen Fortschritt der Lichterfelder Anlage gegenüber der Berliner Ausstellungsbahn. Der Motor, eine der üblichen Siemensschen D-Maschinen mit Hauptstromwicklung, leistete bei der vorgeschriebenen mittleren Fahrgeschwindigkeit von 15 km/st etwa fünf Pferdestärken. Er wurde mit seiner Achse parallel der Radachse gelagert. Zur Übertragung auf die beiden Achsen dienten mehrere Stahlschnüre, die aus zwei entgegengesetzt gewundenen Drahtspiralen bestanden. Die Fahrtrichtung wurde durch Umschalten des Motors geändert, wobei wegen der schrägen Stellung der Metallbürsten und der starken Bürstenverschiebung ein zweites Bürstenpaar erforderlich war. Zum Anlassen und Steuern diente wie bei den jetzigen Wagen eine Schaltwalze (Abb. 6), in Verbindung mit einem Wasserwiderstand, der später durch Drahtspiralen ersetzt wurde. Die Radkränze saßen auf Holzscheiben, so daß die Laufräder der beiden Seiten des Wagens gegeneinander isoliert waren.

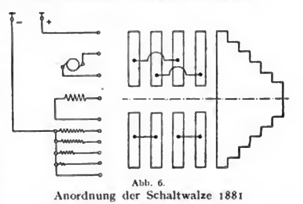


Abb. 6.
Anordnung der Schaltwalze 1881

Der Generator, der ebenfalls als Hauptstrommaschine gebaut war, wurde in der Lichterfelder Wasserpumpstation aufgestellt und durch die dort befindliche Dampfmaschine, deren Mitbenutzung der Rittergutsbesitzer Carsten gestattete, angetrieben. Später kam noch eine Reservedynamomaschine und eine von Siemens & Halske gebaute Dolgoruckische Dampfmaschine mit rotierendem Kolben hinzu.

Die Anlagekosten werden insgesamt zu 65000 ℳ angegeben. Davon entfielen auf den Wagen 10500 ℳ und auf den Stromerzeuger 4500 ℳ.

Über die ersten Versuchsfahrten schreibt Werner Siemens am 2. Mai 1881 an seinen Bruder Karl in St. Petersburg:

Gestern haben wir zum erstenmal den elektrischen Omnibus auf der Lichterfelder Bahn (1 m Geleise) laufen lassen. Auf ebener Strecke lief der Wagen zu schnell (mit 30 km Geschwindigkeit mit ca. 25 Personen belastet). Dagegen bei Steigung noch zu langsam. Das wird abgeändert. Sonst war die Sache imponierend und wird gewaltiges Aufsehen machen . . .

Die Probefahrt fand am 12. Mai statt. Darüber berichtet Werner Siemens dem Professor Wiedemann in Leipzig wie folgt:

. . . Heute ist endlich die kleine elektrische Bahn in Lichterfelde offiziell probiert und abgenommen. Die einzige Schwierigkeit war und ist noch, die Geschwindigkeit der Wagen beim Reglement entsprechend zu mäßigen. Man wollte nur 20 km per Stunde gestatten, und der Wagen lief bei voller Belastung von 20 Personen auch bergan noch mit 30—40 km! Ich denke aber, man wird sich an die größere Geschwindigkeit gewöhnen!

Ausführlicher heißt es in einem Schreiben Werners an seinen Bruder Wilhelm:

. . . Gestern ist unsere elektrische Bahn in Lichterfelde mit großem Glanze eröffnet. Vorher war schon der Eisenbahnminister mit seinen Räten, Stephan und dito da. Die ersteren waren sehr überrascht und erstaunt, als sie einen gewöhnlichen Eisenbahnwagen sahen anstatt der erwarteten Wägelchen und kleinen Lokomotivchen, und noch mehr, als der Wagen sich sofort mit ca. 30 km Geschwindigkeit in Bewegung setzte und auch bei der Steigung 1 : 100 nicht viel an Geschwindigkeit verlor. Maybach erklärte selbst, daß er jetzt an den Ernst und die große Zukunft der elektrischen Lokomotiven glaube! Gestern waren 60—70 Koryphäen aller Zweige da, und es wurde viel getoastet und phantasiert! Die ganze Gesellschaft wurde in Abteilungen von 20 Mann wiederholt hin und zurück (5 km) in 7—8 Minuten gefahren. Die Sache wird jetzt viel Spektakel machen und muß ernsthaft geschäftlich in die Hand genommen werden. Es ist nun auch die Anlage mit Leitung auf Stangen zwischen Charlottenburg und dem Spandauer Bock gesichert, und ich denke, in 2 Monaten wird die Strecke im Betriebe sein. Es werden drei gewöhnliche Eisenbahnwagen mit elektrischen Maschinen versehen und durch eine Stangenleitung neben den bestehenden Wegen der Strom zugeführt. Besonders interessant ist dabei noch, daß ca. 1 km Steigung 1 : 28 dabei ist, nämlich auf den Spandauer Berg (Westend) hinauf. Geht das, wie ich sicher erwarte, gut, so steht unmittelbar eine große Anwendung bevor, da allen Pferdebahnen ihre Pferde sehr zur Last sind! . . .

Am 16. Mai wurde dann unter Beteiligung der Behörden und Fachmänner der regelmäßige Verkehr eröffnet.

Der Motorwagen hatte im Anschluß an den Personenverkehr der Berlin-Anhalter Bahn zwischen 6 Uhr früh und 11 Uhr abends 12 mal auf der Strecke hin- und zurück zu fahren. Da der Stromerzeuger für jede Fahrt neu in Gang gesetzt wurde, so machte sich bald die Anlage einer Signalleitung nötig, durch die der Wagenführer Zeichen nach der Betriebsstation geben konnte.

Die ersten Wochen verliefen nicht ganz ohne Schwierigkeiten. Zunächst war für die Isolierung der Wegübergänge nicht gesorgt. So kam es, daß die Pferde, die wegen ihres Hufeisenbeschlages starken elektrischen Schlägen ausgesetzt sind, beim

Überschreiten des Wegüberganges auf die Kniee stürzten, wie vom Blitz getroffen zu Boden fielen oder durchgingen. Auf die übrigens maßvollen Beschwerden antworteten Siemens & Halske:

„Daß überhaupt unter ungünstigen Umständen ähnliches sich ereignen könne, lag nicht außerhalb unserer Voraussicht. Der Grad der Wirkung des elektrisches Stromes auf die Pferde ist allerdings eine überraschende Tatsache für uns."

Abhilfe wurde dadurch geschaffen, daß die Schienen des Wegüberganges durch Hartgummiplatten von den übrigen Schienen getrennt und die letzteren durch Bleikabel, die hier zum erstenmal für Starkstrom Anwendung fanden, verbunden wurden. Der Wagen lief dann ohne Strom über den Wegübergang. Später wurden, wie beim Teilleitersystem, Elektromagnete angebracht, welche die Schienen des Wegüberganges so lange unter Spannung setzten, wie der Wagen hinüber fuhr.

Weitere Schwierigkeiten folgten daraus, daß die gesamte Lichterfelder Schuljugend die Bahnanlage zu ihren naturwissenschaftlichen Forschungen benutzte. Kleine und große Kinder stellten durch Metalldrähte Kurzschluß zwischen den Schienen her, wobei ein ganzer Drahtzaun den Spielereien zum Opfer fiel. Ein neuzeitlicher Prometheus zündete sich im entstehenden Funken ein Strohfeuer an und trug es im Triumph davon. Die Folge dieser Kurzschlüsse waren natürlich Betriebsstörungen. Die Attentäter wurden ermittelt, aber man ließ sie laufen, indem mit Recht angenommen wurde, daß der Unfug von selbst aufhören würde, wenn die Sache nicht mehr den Reiz der Neuheit haben würde.

Eine weitere Ursache für die anfangs hin und wieder vorkommenden Betriebsstörungen lag in den Schienenverbindern, die bei Temperaturänderungen brachen. Es erwies sich als notwendig, sie regelmäßig nachzusehen.

Endlich hatte man anfänglich auch Not mit der Übersetzung vom Motor auf die Wagenachse. Mitführen von Stahldrahtschnüren als Reserve schuf Abhilfe.

In den ersten vier Wochen fielen aus den angegebenen Gründen etwa 4 vH der Fahrten aus, was „zu keineswegs angenehmen Bemerkungen der Passagiere Anlaß gab". Wenn es dann in einem Bericht über den Wagenführer heißt, „daß er es so gar nicht verstehe, durch einigermaßen freundliche Worte des Bedauerns und der Entschuldigung den Passagieren über ihre unangenehme Lage hinwegzuhelfen", so verlangte man da wohl etwas zu viel von dem guten Mann.

In der fünften Woche kam jedoch schon keine Störung mehr vor und der Betrieb ging „ausgezeichnet". Die Überwachung konnte später von einem der Angestellten des Wasserwerkes mit übernommen werden.

In den Monaten Juli, August und September 1881 wurden 12 310 Personen befördert. Die Unkosten beliefen sich dabei ohne Berechnung der Kosten für die Oberaufsicht, Zinsen und Amortisation auf 2540 ℳ. Für das Wagenkilometer ergab sich daraus ein Betrag von 0,44 ℳ, der durch die Einnahme im Ganzen gedeckt wurde.

Die spätere Einstellung eines zweiten Wagens war bezeichnender Weise für die damalige Zeit ein Ereignis. Obwohl bereits im Hochbahnentwurf mit mehreren Wagen auf der Strecke gerechnet war, wurde doch vielfach die Möglichkeit, daß mehrere Wagen gleichzeitig fahren könnten, stark angezweifelt.

Die Lichterfelder Bahn wurde in der Folgezeit verlängert und für Oberleitung umgebaut.

Eine ähnliche Bahnanlage, ebenfalls mit Hin- und Rückleitung durch die Laufschienen, ist dann noch im Jahre 1882 von Siemens & Halske auf fremde Rechnung in einem holländischen Badeort errichtet worden. Sie erwies sich — unter Benutzung von Reserveankern — als betriebsfähig, jedoch wurden die Fahrten Ende 1882 eingestellt, da sie dem Unternehmer nicht den erhofften Gewinn brachten.

Siemens & Halske waren inzwischen dazu übergegangen, für Bahnen ohne eigenen Bahnkörper zwei Ausführungen der Oberleitung auszubilden. Von diesen enthielt die eine einen vom Motorwagen mitgezogenen Kontaktwagen, der auf zwei von einander isolierten Drahtseilen entlang lief, und dessen Räder die Stromabnehmer für die Hin- und Rückleitung bildeten. Die andere bestand aus zwei geschlitzten Eisenrohren von 25 mm Dmr., in denen ein vom Motorwagen mitgezogenes Kontaktschiffchen (Abb. 7) entlang glitt. Die Rohre waren an Masten aufgehängt, wobei sie zur Vergrößerung der Tragfähigkeit von einem Drahtseilhängewerk getragen wurden.

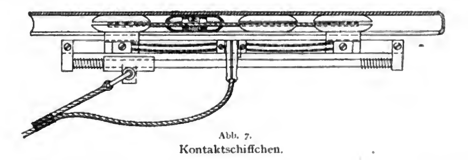


Abb. 7.
Kontaktschiffchen.

Bei beiden Ausführungen wurde der Strom nicht nur durch Oberleitung zugeführt, sondern auch durch eine solche zurückgeleitet. Bei dem Kontaktwagen, der auf zwei Seilen lief, ergab sich dies ja von vornherein. Aber auch bei der röhrenförmigen Oberleitung, bei der die doppelte Ausführung so besonders ungünstig wurde, verzichtete man auf die Rückleitung durch die Laufschienen. Der Grund lag darin, daß man bei Bahnen ohne eigenen Bahnkörper nicht auf eine genügend blanke Schienenoberfläche rechnete. Man befürchtete, daß eine Stromunterbrechung, wie sie bei schlechtem Kontakt zwischen Laufrad und Schiene vorkommen konnte, ein Durchschlagen der Isolation der elektrischen Maschinen zur Folge haben könnte. In der Tat mußte man in dieser Hinsicht besonders vorsichtig sein, da bei der damaligen Ausführung der Hefnerschen Trommel die Stirnverbindungen knäuelartig übereinander gewickelt wurden. Man nahm daher die doppelte Oberleitung, so schwerfällig und unschön sie war, lieber in Kauf, als daß man sich zu einem Sprung ins Dunkle entschloß. Ohnehin hatte man die Hände genügend voll, um alle Schwierigkeiten zu überwinden und alle Fährlichkeiten zu vermeiden.

Die Oberleitung mit Kontaktwagen fand Anfang 1882 auf der Versuchstrecke Westend—Spandauer Bock, Charlottenburg, für welche die Berlin-Charlottenburger Pferdebahngesellschaft das bestehende Gleis zur Verfügung gestellt hatte, Anwendung. Am 1. Mai 1882 wurde hier ein regelmäßiger Personenverkehr eröffnet. Da die Oberleitung mit Kontaktwagen sich nicht bewährte, wurde sie Ende 1882 durch die Röhrenoberleitung ersetzt, die Siemens frères, Paris, bereits im Jahre vorher auf der Pariser Weltausstellung zur Anwendung gebracht hatten. Die Fahrten auf der starken Steigung des ersten Teiles der Versuchsstrecke lieferten wertvolle Erfahrungen hinsichtlich des Verhaltens der elektrischen Maschinen.

Die erste Anwendung in dauerndem Betriebe fand die Oberleitung bei den Grubenbahnen. Bereits im Jahre 1881 verhandelten Siemens & Halske mit der Zeche Anhalt bei Frose, die für den Herbst dieses Jahres mit elektrischer Förderung beginnen wollte. Der Vorschlag, zunächst eine Versuchsanlage zu bauen, für welche die Grubenverwaltung die Strecke herstellen sollte, während sich Siemens & Halske zur leihweisen Überlassung des elektrischen Teiles bereit erklärten, fand die Zustimmung der Grubenverwaltung. Da es aber Siemens & Halske nicht möglich war, auch nur die Probeanlage im Sommer 1881 fertig zu stellen, und die Grubenverwaltung im Herbst des Jahres mit starker Förderung beginnen mußte, so fiel die ganze Sache ins Wasser.



Abb. 8.
Grubenlokomotive Zaukeroda.

Dagegen führten die Verhandlungen mit dem Kgl. Sächsischen Steinkohlenwerk Zaukeroda, die Anfang 1882 begonnen wurden, zu einem befriedigenden Erfolg. Die Aufgabe war, 260 m unter der Erde auf einer Strecke von 700 m 10 Wagen im Gesamtgewicht von 8 Tonnen mit der Geschwindigkeit von 9 bis 12 km/st. zu befördern. Der Kostenanschlag lautete:

Lokomotive	5500 ℳ
Primärmaschine mit Dolgoruckischer Dampfmaschine	6000 „
Schienen	1060 „
Kabel	1030 „
Verschiedenes	410 „
	14000 ℳ

Mit Einrechnung der Nebenkosten für Transport, Dampfrohre, Riemen, Einbau usw. stellte sich die ganze Anlage auf 16 200 ℳ. Siemens & Halske schrieben bei Übersendung des Kostenanschlages:

„Die Preisreduktion auf 14 000 Mk. bieten wir Ihnen lediglich an, weil uns daran liegt, unter uns zusagenden Verhältnissen eine elektrische Grubenlokomotive in Betrieb zu sehen. Alle anderen Verhandlungen haben sich wegen zu kurzer Lieferzeit zerschlagen.

Für die Zuleitung und Rückleitung des Stromes wurden am Stollenfirst zwei ⊥-Eisen befestigt, von denen der Strom durch einen Kontaktwagen abgenommen wurde. Da indessen der Kontaktwagen bei ungenauer Befestigung der ⊥-Eisen nicht sicher genug geführt wurde, so wurde er bald durch Schleifbleche ersetzt.

Die Lokomotive ist in Abb. 8 abgebildet. Wie bei der Berliner Ausstellungsbahn, war die Drehachse des Motors mit Rücksicht auf die geringe Schachtbreite und die dadurch bedingte kleine Spurweite von 566 mm in die Längsrichtung der Lokomotive gelegt. Die Übertragung auf die Achse erfolgte durch Zahnräder.

Die Probefahrt, „die sich als ein schöner Erfolg darstellte", fand am 26. August 1882, die Eröffnung des Betriebes am 1. September statt. Bei Messungen, die später unter der verständnisvollen Mitwirkung der Grubendirektion vorgenommen wurden, betrug bei einem Zuge von 15 vollen Wagen:

die indizierte Leistung der Dampfmaschine	13,8 PS
die effektive Leistung der Dampfmaschine	11,2 PS
die Leistung der Lokomotive einschl. Zahnreibung	5,22 PS
der Wirkungsgrad der elektrischen Transmission	0,466

Wie sehr man damals auf den Versuch angewiesen war, ergibt sich aus einem Schreiben, das Siemens & Halske am 25. 1. 1883 an die Grubenverwaltung richteten. Es heißt dort:

„Aus einer Ihrer letzten Mitteilungen entnehmen wir mit Vergnügen, daß die elektrische Grubenlokomotive einen Zug von 20 beladenen Wagen bewegt habe (statt 10, wie ursprünglich zu Grunde gelegt wurde). Um diese interessante Notiz nutzbar zu machen, würde es uns interessant sein, zu wissen, mit welcher Geschwindigkeit diese 20 beladenen Wagen bewegt sind, und welche Tourenzahl dabei die stromerregende primäre Maschine gehabt hat. Wir gestatten uns bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß die elektrische Maschine wahrscheinlich dadurch zu einer größeren Geschwindigkeit sich wird bringen lassen, wenn die Tourenzahl der primären Maschine erhöht wird."

Tatsächlich wurden ohne Nachteil weit mehr Wagen mit der Lokomotive gefördert als vereinbart war. Die Lokomotive ist noch jetzt, nach 39 Jahren, in einwandfreiem Betrieb.

Ähnliche Anlagen wurden von Siemens & Halske im Jahre 1883 auf der Hohenzollern-Grube bei Beuthen und im Salzwerk Neustaßfurt in Betrieb gesetzt. Die Lokomotive in Neustaßfurt hat 15 Jahre lang ihren Dienst getan und wurde dann unter Benutzung desselben Motors und Fahrschalters umgebaut.

Schwierigkeiten gab es auch hier zu überwinden. Zum ersten Male wurde bei den Grubenbahnen der Elektromotor fern von der sorgsamen Aufsicht der Gesellschaft, die ihn gebaut hatte, einem ungeübten Arbeiter anvertraut und das noch dazu in einem rauhen Betrieb, wo die Schienen nicht immer frei waren und starke Stöße vorkamen. Diese Stöße wurden um so gefährlicher, als ohnehin damals bei den elektrischen Maschinen Drahtbrüche an den Verbindungen der Wicklung mit dem Kommutator auftraten. Diese Drahtbrüche, die bei den Motoren der Personenbahn Frankfurt—Offenbach in verstärktem Maß auftraten, machten schwere Sorgen, ihre Ursache ist damals nicht ganz aufgeklärt. Siemens & Halske schrieben z. B. 1884:

„Wir stehen hier vor einer ungelösten Frage, da es noch nicht gelungen ist, dafür irgend eine Erklärung zu finden, und wir vollständig im Dunkeln tappen, was in dieser Sache zu tun ist."

Zeitweise half man sich dadurch, daß man die Verbindungsdrähte aus Eisen herstellte. Bei kupfernen Verbindungsdrähten erreichte man ein Aufhören der Drahtbrüche dadurch, daß man die Drähte nicht radial zum Kollektor führte, sondern sie um 90° kröpfte. Man hat später noch gelegentlich mit solchen Drahtbrüchen zu tun gehabt und als ihre Ursache die mechanische Verschiebung des Kollektors gegenüber dem Anker während des Laufs erkannt.

Eine weitere Schwierigkeit brachte die Zahnradübersetzung mit sich, die zwar gegenüber den Stahldrahtschnüren einen wesentlichen Fortschritt bildete, aber wie so mancher Fortschritt, erst nach manchen bitteren Erfahrungen wirklich brauchbar gestaltet wurde. Die gußeisernen Zahnräder, die zuerst verwendet wurden, waren dem rauhen Betriebe nicht gewachsen und mußten durch Räder aus Stahlguß oder Phosphorbronze ersetzt werden.

Es bedurfte einer längeren, angestrengten und aufopfernden Tätigkeit, um aller Schwierigkeiten Herr zu werden. Auch lernte man, Betriebsstörungen durch die uns jetzt in rauhen Betrieben selbstverständlich erscheinende Beschaffung von Reserveteilen zu vermeiden.

Neben den Grubenbahnen wurden die Bahnen für Personenbeförderung im Auge behalten. So errichteten Siemens Brothers 1883 in Portrush, Irland, eine elektrische Bahn mit dritter Schiene auf einem eigenen Bahnkörper.

Ebenso bauten Siemens & Halske im Jahre 1883 für die Wiener Ausstellung eine elektrische Bahn, die sogenannte Praterbahn, die ebenfalls eigenen Bahnkörper besaß. Da die Anlage keine dauernde sein sollte, also einfache Mittel erforderte, so wurde, wie in Lichterfelde, Hin- und Rückleitung durch die Laufschienen gewählt. Die Schienen waren durch verzinkte Kupferbleche unterhalb des Schienenfußes verbunden. Auf dieser Bahn wurde mit zwei offenen, miteinander gekuppelten Motorwagen gefahren, die je 30 Personen faßten und ein Gewicht von 3,5 t besaßen. Jeder Wagen wurde durch einen Motor von 12 PS angetrieben. Um die Vorteile des elektrischen Betriebes gegenüber den Pferdebahnen darzutun, wurde eine große Fahrgeschwindigkeit gewählt, bei welcher der Mittelwert 30 km/st, der Höchstwert 40 km/st betrug. Die Stromerzeuger waren zwei parallel geschaltete Compoundmaschinen, wie sie damals Eingang gefunden hatten, ohne daß es möglich wäre, zu entscheiden, wo sie zuerst erfunden sind. Die Gefahr der Umpolarisierung wurde dadurch vermieden, daß die Hauptstromwicklung der einen Maschine nach der Siemens & Halskeschen Kreuzschaltung durch den Strom der anderen Maschine gespeist wurde. Die Spannung betrug etwa 150 V, die Stromstärke bei der Fahrt eines Doppelwagens wurde zu 70 A, der Isolationswiderstand zwischen den Schienen zu 70 Siemenseinheiten, d. h. zu etwa 67 Ohm ermittelt. Der Wirkungsgrad der elektrischen Übertragung ergab sich zu 0,5, jedoch sollte diese Zahl damals nicht veröffentlicht werden.

„Es würden derartige Versuche nicht gerade günstig wirken, da zur Zeit noch nicht genügend Erfahrungen vorliegen über die zweckmäßigste Einrichtung der Stromerzeuger usw., um den günstigsten Nutzeffekt in der elektrischen Kraftübertragung zu erzielen. Wir können also zur Zeit nicht wünschen, daß darüber irgend etwas veröffentlicht wird."

Die Praterbahn war im Spätsommer und Herbst 1883 etwas über zwei Monate in Betrieb und beförderte in dieser Zeit 269 000 Fahrgäste, an einem Sonntag allein 6400. Betriebsstörungen, die auf den elektrischen Teil entfielen, waren überhaupt nicht zu verzeichnen. Als ein Motor vorübergehend schadhaft wurde, „schwindelte man sich durch den Sonntag, indem man den Doppelwagen mit geringer Besetzung durch einen Motor allein antrieb."

Das günstige Ergebnis bei der Praterbahn war wesentlich darauf zurückzuführen, daß der Betrieb durch die Beamten des Wiener Zweighauses der Gesellschaft Siemens & Halske ständig überwacht werden konnte und auch geschulte Wagenführer tätig waren. Weiter hatte man für die Übertragung vom Motor auf die Achsen, wie bei der Lichterfelder Bahn, Drahtschnüre gewählt, die sich zwar stark abnutzten, aber doch nicht entfernt solche Schwierigkeiten machten wie die damaligen Zahnräder. Da außerdem ein eigener Bahnkörper vorhanden war, waren keine solchen Stöße wie bei den Grubenbahnen zu besorgen.

Mit der technischen Entwicklung war inzwischen der Fortschritt in der wissenschaftlichen Erkenntnis Hand in Hand gegangen. In den „Mitteilungen über die elektrische Praterbahn", deren wesentliche Punkte von Werner Siemens und seinem Mitarbeiter Frölich durchgearbeitet sind, tritt ein deutlicher Einblick in das Wesen der elektrischen Kraftübertragung hervor. Es heißt dort:

„Mit dem Angehen des Wagens ist das Auftreten einer elektromotorischen Gegenkraft verbunden, die die Intensität des Stromes entsprechend der Beschleunigung des Wagens herabdrückt und endlich bei Eintreten eines stationären Zustandes eine konstante Größe entsprechend der maximalen Geschwindigkeit des Wagens erreicht. Es bestätigte sich hierbei die bereits bekannte Tatsache, daß die Stromstärke nur abhängt von der Zugkraft, hier also im Wesentlichen von den Reibungskräften, und daß dieselbe bei ebener Bahn gleichbleibt, solange die Reibung sich nicht verändert. Die mittels des Registrierapparates erhaltenen Kurven zeigten auch deutlich die Vorgänge beim Anfahren oder Ingangbringen der Wagen, indem die Stromstärke ziemlich rasch zu einem hohen Wert anstieg und dann allmählich auf den der gleichmäßigen Fahrt entsprechenden Wert herabsank. Die Zugkraft wächst also anfangs rasch zu einem die Reibungskräfte weit übersteigenden Wert, der Überschuß derselben über die Reibungskräfte dient zur Vermehrung der Geschwindigkeit und verschwindet, sobald die Geschwindigkeit sich nicht mehr ändert."

Diese Darstellung entspricht nicht nur inhaltlich vollständig den Tatsachen, sondern sie stellt die Vorgänge auch Wort für Wort in der jetzt gebräuchlichen Ausdrucksweise dar. Schrittweise und nicht ohne Mühe hatte man sich von der früheren Jakobischen Vorstellung des Gegenstromes losgemacht. Diese klare Erkenntnis des Wesens der elektrischen Kraftübertragung war die Frucht ausgedehnter Versuche, die auf Werner Siemens' Veranlassung und unter Frölichs Leitung in der Fabrik von Siemens & Halske angestellt wurden. Über die Versuche berichtete Frölich in der Elektrotechn. Zeitschrift 1881 S. 134. Dadurch, daß man sich dabei lange Zeit auf die jetzt kaum mehr in Frage kommende Kraftübertragung zwischen zwei Hauptstrommaschinen beschränkte, hat man sich die Sache zweifellos erschwert, und die Untersuchungen verlieren auch etwas an geschichtlichem Wert. Überhaupt hat der Umstand, daß die Dynamomaschine als Hauptstrommaschine und nicht als Nebenschlußmaschine erfunden ist, sicher die theoretische Erkenntnis aufgehalten, möglicherweise auch die technische Entwicklung verzögert.

Als dann die Compoundmaschine Anfang der achtziger Jahre Eingang fand und nun mit einer konstanten Spannung des Stromerzeugers gerechnet werden konnte, wurden die Verhältnisse bei der Kraftübertragung übersichtlich. Nun erst gelang es, die Versuche einfach zu deuten und das Wesentliche herauszuschälen, wenn auch an eine genaue Vorausberechnung noch nicht zu denken war.

Die durch die Versuche gewonnenen Erkenntnisse kamen dem Entwurf der damals in Bearbeitung befindlichen Bahnanlagen zu Gute. Es handelte sich bei diesen um Personenverkehr zu ebener Erde auf Strecken, die teilweise oder vollständig ohne eigenen Bahnkörper waren. Dies waren die Bahn Mödling—Vorderbrühl in der Nähe von Wien und die Bahn Frankfurt a. M.—Offenbach. Beide Anlagen sind

als das eigenste Werk des „alten Frischen" zu bezeichnen, den Werner Siemens wiederholt seinen langjährigen, erprobten Mitarbeiter nennt.

Die Bahn Mödling—Vorderbrühl wurde von der Österreichischen Südbahngesellschaft gebaut, die Anfang des Jahres 1882 mit Siemens & Halske über die Lieferung des elektrischen Teiles unterhandelte. Die Bestellung sollte Anfang März 1882 erfolgen und der Betrieb am 15. Juli desselben Jahres (!) eröffnet werden. Die Verhandlungen mit den Behörden zogen sich aber — zum Glück — recht lange hin, so daß Siemens & Halske bis zum Sommer 1883 Zeit zur Vorbereitung hatten.

Es handelte sich neben der Ausführung von Stromerzeugern und 5 Motorwagen um die Lieferung der gesamten Teile für die röhrenförmige Oberleitung. Obwohl diese aus den oben angegebenen Gründen als doppelte Oberleitung ausgeführt wurde, kamen doch Schienenverbinder zur Anwendung, um die Laufschienen zur Verringerung des Spannungsverlustes mit der einen Oberleitung parallel schalten zu können. Die Südbahngesellschaft verlegte das Gleis, das aus Vignolschienen bestand, und errichtete auch mit Unterstützung eines Ingenieurs der Gesellschaft Siemens & Halske die Oberleitung.



Carl Frischen,
geb. 30. 7. 1830, gest. 8. 5. 1890.

Als Stromerzeuger wurden an Stelle der ursprünglich geplanten 8 Maschinen mit 1000 Uml./min 4 Maschinen mit 400 Uml./min gewählt. Sie hatten Compoundwicklung mit Kreuzschaltung und lieferten eine Spannung von 450 V und eine Stromstärke von je 18 A.

Die Motoren waren für eine größte Leistung von 12,5 PS gebaut. Die Übertragung erfolgte durch Zahnräder und Zwischenwelle. Das Wagengewicht betrug 4 t, die Zahl der Fahrgäste 30 und die Fahrgeschwindigkeit 15 km/st.

Auf das Drängen der Südbahngesellschaft wegen Lieferung des elektrischen Teiles schreiben Siemens & Halske am 20. Juni 1883:

„Es ist derzeit verabredet worden, zunächst einen Wagen zu liefern und diesen längere Zeit auf einer Teilstrecke der Mödlingbahn zu probieren, um daraus zu konstatieren, wie der in allen Teilen neu konstruierte Mechanismus funktioniert. Wir können bei der Neuheit der Sache nur anraten, diesen Standpunkt auch ferner festzuhalten.

Wir bitten Sie, zu erwägen, daß wir einer ganz neuen, noch nirgends ausgeführten Sache gegenüberstehen, und daß es sich um Einrichtungen handelt, die sowohl in ihren einzelnen Details, als in ihrer Einwirkung auf einander und zu einander der Reihe nach erprobt, verändert und verbessert werden müssen. Die Durchführung derartiger neuer Einrichtungen läßt sich nicht durch Arbeitskraft allein erzwingen, sondern nur durch eine Reihe von Versuchen, welche außer vielfachen Opfern Zeit und Geduld erfordern, und in dieser letzteren Beziehung müssen wir Ihre Nachsicht und dadurch Ihre besondere Mitwirkung in Anspruch nehmen."

Am 25. September 1883 konnte unter Frischens Leitung eine Probefahrt mit einem einzigen Wagen auf einem Drittel der Strecke stattfinden, und am 25. Oktober eröffnete die Südbahngesellschaft den Betrieb, und zwar zunächst erst auf der 1,6 km langen Teilstrecke Mödling—Klausen.

Der Betrieb vollzog sich ohne besondere Störungen, da der maschinentechnische Teil naturgemäß bei der Südbahngesellschaft in guten Händen lag und auch der elektrische Teil von Anfang an durch einen wissenschaftlich gebildeten Beamten der Ge-

sellschaft, der bei Siemens & Halske an den Vorversuchen teilgenommen hatte, in verständnisvoller Weise überwacht wurde. Die Bahn Mödling—Vorderbrühl, die später noch erweitert wurde, ist bis zum Jahre 1903 mit der alten Oberleitung betrieben und dann für Fahrdraht-Oberleitung umgebaut worden.

Weit ungünstiger als in Mödling lagen die Verhältnisse bei der Bahn Frankfurt a. M.—Oberrad—Offenbach, deren Errichtung im Mai 1882 durch eine Anfrage des Bankgeschäftes Weimann in Offenbach eingeleitet wurde. Es handelte sich um eine 6,6 km lange Strecke, die auf einer stark befahrenen, teilweise mäßig breiten Straße meist zwischen Häusern hindurchführte. Für Pferdebahnbetrieb bestand keine Neigung, für Dampfbetrieb war keine Konzession zu erhalten. Weimann wies darauf hin, daß die Behörden einem elektrischen Betriebe wohlwollend gegenüberständen und der große internationale Fremdenverkehr und die Finanzkraft Frankfurts die Errichtung einer elektrischen Bahn gerade an dieser Stelle als außerordentlich günstig erscheinen lasse.

Trotz der allgemeinen Zurückhaltung des Kapitals gegenüber elektrischen Unternehmungen erreichte Weimann es durch seine große Rührigkeit, daß sich eine Gesellschaft zum Bau und Betrieb der Bahn bildete, die ihm als Generalunternehmer im November 1882 den Bau übertrug. Über die Verhandlungen mit den Behörden, die er Anfang 1883 zum Abschluß brachte, schreibt er am 6. Febr. 1883:

„Sie können sich unmöglich denken, welche zahllosen Schwierigkeiten ich zu überwinden gehabt habe, ehe ich glücklich die 7 (schreibe sieben) Behörden, mit denen ich zu unterhandeln hatte, unter einen Hut gebracht habe."

Im April 1883 übertrug Weimann der Gesellschaft Siemens & Halske die Lieferung des elektrischen Teiles, bestehend aus 8 Stromerzeugern, 8 Motorwagen für je 30 Fahrgäste, Röhrenoberleitung und Schienenverbindern. Auch die Errichtung der Oberleitung wurde Siemens & Halske übertragen. Der Gesamtpreis wurde auf 200000 ℳ vereinbart, wovon 6000 ℳ auf jeden Stromerzeuger, 10000 ℳ auf jeden Motorwagen und 1000 ℳ auf jedes km Oberleitung entfielen. Die mittlere Fahrgeschwindigkeit wurde zu 15 km/st gewählt. Wochentags sollten 4 Einzelwagen, Sonntags 4 Doppelwagen auf der Strecke laufen. Als Lieferzeit wurden 8 Monate vereinbart.

Wie bei der Bahn Mödling—Vorderbrühl wurde auch die Rückleitung als Oberleitung ausgeführt. Immerhin zeigt sich ein gewisser Fortschritt darin, daß die Laufschienen nicht nur mit dieser Rückleitung parallel geschaltet wurden, sondern auch einzelne Wagen versuchsweise für Stromrückleitung allein durch die Laufräder eingerichtet wurden.

Weimann übernahm selbst die Herstellung des Gleises und der Baulichkeiten und die Beschaffung der Dampfmaschinen, später auch gegen besondere Vergütung die Lieferung und Aufstellung der Maste für die Oberleitung.

Wie wenig die Aufgaben gewürdigt wurden, die von Siemens & Halske zu lösen waren, geht daraus hervor, daß der Unternehmer im Juli 1883 verlangte, der Betrieb solle lange vor dem verabredeten Liefertermin, und zwar im September bei Gelegenheit der Anwesenheit des Kaisers in Frankfurt, eröffnet werden. Darauf antwortete Frischen am 11. Juli 1883 derb und offen:

„Schon die Zeit reicht nicht aus, um alles fertig zu stellen, und noch dazu mit Einrichtungen, die noch gar nicht in ihren Erfolgen ausprobiert sind, und bei denen noch manches Problem zu lösen ist. Dazu kommen technische Schwierigkeiten, die sich gar nicht übersehen lassen. Außerdem würden wir auch niemals unsere Zustimmung geben,

mit einer völlig neuen, noch nirgend ausprobierten Einrichtung in solcher Weise aufzutreten, da man sich dabei recht gründlich blamieren kann, wozu ohnehin schon Aussicht genug vorhanden ist. Ich muß Sie also bitten, von Ihren Vorhaben in aller und jeder Beziehung abzusehen und mit aller Ruhe und Geduld sich die Sache entwickeln zu lassen, sonst gibt es keinen Weg."

In Wirklichkeit konnte denn auch erst Anfang November 1883 mit der Errichtung der Oberleitung begonnen werden. Das Zusammenlöten, Ausfeilen und Verlegen der geschlitzten Eisenrohre war eine mühselige und langweilige Arbeit, die für den ersten Teil der Strecke erst Anfang Februar 1884 beendet wurde. Die Probefahrten, die nun unternommen wurden, erregten wieder beim Unternehmer und den Aktionären der Gesellschaft den Wunsch, die Bahn so bald wie möglich in Betrieb zu sehen. Vergeblich mahnte der alte Frischen am 12. März in seinem Schreiben an Weimann:



Abb. 9.
Elektrische Bahn Frankfurt—Offenbach.

„So sehr wir auch das Drängen der Aktionäre, welches mit dem Ihrigen identisch ist, begreifen, noch vor Ostern (den 13. April) die ganze Bahn in Betrieb zu setzen, so sehr müssen wir vor einer Überstürzung warnen, welche Ihnen und Ihren Aktionären mehr Schaden zufügen kann, als der Ertrag der Ostertage wert ist. Wir bitten Sie zu bedenken, daß die ganze Sache neu ist, daß es noch keine einzige Bahn in der Welt gibt, welche in derartiger Weise betrieben wird, und daß es gar nicht ausbleiben kann, daß sich bei einer Neuanlage Umstände einstellen, die nur die Zeit zu überwinden imstande ist. Sie haben weder eingeübte Wagenführer noch sonst ein Personal, welches im Betriebe einer solchen Bahn irgendwelche Erfahrung besitzt, und wir halten es für falsch, gleich bei oder nach der Eröffnung die Anlage auf den höchsten Grad ihrer Leistungsfähigkeit in Anspruch zu nehmen. Wir können nur empfehlen, den Betrieb zunächst mit zwei Wagen in je halbstündigen Abfahrtszeiten, dann allmählich mit vier Wagen in je viertelstündigen Abfahrtszeiten und erst später, wenn sich gar keine Umstände mehr ergeben, den Betrieb mit Doppelwagen in Angriff zu nehmen. Wir können wohl verstehen, daß das nicht nach Ihrem Geschmacke ist und auch den Herren Aktionären nicht verständlich sein wird. Allein in dieser Richtung möchten wir unsere technischen Erfahrungen und auch unser Interesse in die Wagschale werfen und Sie bitten, nicht durch eine überstürzte Inbetriebsetzung sich selbst und der guten Sache zu schaden, bei der wir mit unserem Renommé eng beteiligt sind."

Aber dies Zureden half nichts gegenüber dem Drängen des Unternehmers, des Aufsichtsrates und der Aktionäre. Allen Warnungen zum Trotz vereinbarte Weimann für Anfang April 1884 die polizeiliche Abnahme, zu der Frischen nach Frankfurt fuhr, „um dort seine Kunststücke zu machen". Bei dieser Gelegenheit fand die Übergabe des elektrischen Teiles an den Unternehmer und die geschäftliche Abwicklung statt.

Abb. 9 zeigt einen aus dem Kraftwerk abfahrenden Wagen sowie die Anordnung der Röhrenoberleitung.

Wie es nun ohne Siemens & Halske mit dem Betriebe zuging, ersehen wir aus den im guten Sinne persönlich gefärbten Briefen, welche Weimann und Frischen mit einander wechselten. Weimann schreibt am 15. April:

„Ich verdanke diesem Bahnbau nicht nur materiellen Gewinn, sondern auch das Glück, Sie, mein höchstgeehrter Herr Frischen, kennen gelernt zu haben. Sie haben es meinem Herzen angetan, und das Gefühl, mit dem ich Ihrer gedenke, ist das der wärmsten, freundschaftlichsten Erinnerung. Am 1. Mai komme ich nach Berlin und werde mündlich rapportieren, wie unser elektrischer Hase läuft. Das kann ich Ihnen aber heute schon sagen, die Funktion ist tadellos, die kleinen und großen Dummheiten, die gemacht werden, spielen für mich keine Rolle."

Weniger zufrieden antwortet Frischen am 18. April:

„Was mich ganz besonders freut, ist Ihr Zugeständnis eines materiellen Gewinnes von der Sache, den ich Ihnen für Ihre Mühe, Arbeit und Unternehmungsgeist von ganzem Herzen wünsche. Leider können wir (Siemens & Halske) nicht ein gleiches sagen, doch wird hoffentlich die Folge uns dafür entschädigen. Sie Verehrtester, haben sich das beste Teil erwählt und sind schön heraus. Aber wir, wir müssen alle Dummheiten, die ein so Knall und Fall eröffneter Betrieb mit sich bringt, über uns ergehen lassen, und ich glaube, die Gesellschaft beginnt einzusehen, daß ich doch recht hatte, als ich die ganz allmähliche Betriebseröffnung auf der ersten Teilstrecke so dringend befürwortete. Für alle diese Sachen wird einzig und allein der elektrische Betrieb, d. h. Siemens & Halske, verantwortlich gemacht. Daß sich aber die verdammten Schienen senken und die Pflastersteine stehen bleiben, der Wagen also auf den Steinen fährt, heftige Erschütterungen und Stöße auszuhalten hat, infolgedessen die Zahnräder brechen, daß man 45 Personen in einen Wagen steckt, daß die Dampfmaschine unregelmäßig läuft, daß schlechte Riemen vorhanden sind, daß man mit ausgebrochenen Zähnen in den Rädern weiter fährt, trotz Verbotes, daß die Führer nicht aufpassen usw., davon redet niemand."

Wie sehr Frischen im Recht war, als er voraussagte, daß die überstürzte Eröffnung des Betriebes der guten Sache schaden würde, zeigt eine Notiz der Frankfurter Zeitung vom 24. April 1884, worin es heißt:

„Es bestätigt sich nur unsere wiederholt ausgesprochene Ansicht, daß es sich hier um einen sehr interssanten technischen Versuch handelt, der sich zu einer Finanzierung als Aktiengesellschft noch in keiner Weise eignet."

Für Siemens & Halske ergab sich nun eine besondere Lage, da sie für gute Arbeit und die angegebene Leistung der elektrischen Maschinen Gewähr geleistet und versprochen hatten, die Anlage in betriebsfähigem Zustand zu übergeben. Allerdings wurden die Schwierigkeiten zum großen Teil durch die vorzeitige Eröffnung des Betriebes und durch rücksichtslose Behandlung der technischen Einrichtungen verursacht, wie denn z. B. damals von dem Wagenführern der Frankfurt—Offenbacher Bahn mit Vorliebe, ohne daß irgend ein Grund vorlag, „durch Gegenstrom", d. h. wohl durch plötzlichen Kurzschluß der Motoren gebremst wurde. Aber anderseits ließ sich doch nicht verkennen, daß die Motoren und die Zahnradübersetzung dem rauhen Bahnbetrieb, wie er nun einmal war, noch nicht völlig gewachsen waren. Besonders die Zahnräder machten Schwierigkeiten, da der Motor nicht, wie jetzt, auf der Laufachse gelagert, sondern im Wagengestell befestigt war, so daß die Entfernung der Zahnradmitten nicht ganz unveränderlich war.

Ohne daß irgend eine Verabredung getroffen wurde, traten nun Siemens & Halske dadurch in Beziehung zur Bahngesellschaft, daß sie einen Ingenieur zur Überwachung des Betriebes dort ließen und mit allen Kräften an der Beseitigung der Schwierigkeiten arbeiteten. Sie kamen dadurch nicht nur einer moralischen Verpflichtung nach und arbeiteten nicht nur für die gute Sache, sondern hatten auch den Vorteil,

auf dem noch so wenig bebauten Gebiete der elektrischen Bahnen Erfahrungen zu sammeln, wie sie kein Versuch in der Werkstatt, sondern allein der praktische Betrieb zu liefern vermag.

Mit Aufbietung aller Kräfte, zum Teil unter Zuhilfenahme der Nachtstunden, gelang es Anfang Mai, die regelmäßigen Fahrten wenigstens mit zwei Wagen durchzuführen. Wesentlich trug dazu bei, daß die ursprünglichen gußeisernen Zahnräder, wie bei den Grubenbahnen, durch solche aus Stahl oder Phosphorbronze ersetzt wurden. Ende desselben Monats traten, abgesehen von äußerst störenden Mängeln der Dampfmaschine, geordnete Verhältnisse im Betriebe ein. Dies zeigt sich darin, daß jetzt die Ersatzteile von der Bahngesellschaft bestellt wurden, während sie früher ohne Aufforderung kostenlos von Siemens & Halske geliefert wurden. Dadurch, daß ein Ingenieur der Gesellschaft Siemens & Halske als Direktor der Bahn angestellt wurde, ergab sich ein noch näheres Verhältnis. Im ersten Geschäftsbericht der Bahngesellschaft (1884) heißt es mit Bezug hierauf:

„Überhaupt können wir uns nicht enthalten, voll Dankes des warmen und uns stetig fördernden Interesses zu gedenken, das die Firma Siemens & Halske fortwährend uns gegenüber betätigte. Zu unserer Freude können wir erklären, daß uns dieselbe für die Zukunft ihre wertvolle Mitwirkung in gleichem Maße zugesichert hat."

Zunächst galt es, das „ganz infame Geräusch" einzelner Wagen, das zu manchen Beschwerden Anlaß gab, zu beseitigen. Unter den vielen Mitteln, die zur Abhilfe versucht wurden, bewährte sich schließlich die Verstärkung der Motorachse, die genaue Einstellung der Räder und Lager und endlich der Übergang zum Antrieb einer einzigen Achse. Anfangs hatte man von der Achse des Motors mit Hilfe einer Zwischenwelle beide Laufachsen angetrieben, was bei einer geringen Verschiedenheit im Durchmesser der Laufräder zu Unzuträglichkeiten führte. Die angewendeten Mittel beseitigten den Lärm so gründlich, daß schon im Oktober 1884 bei der Behörde Klagen einliefen, die Wagen gingen zu leise. Als dies Frischen berichtet wurde, antwortete er: „Wir werden die weiteren Klagen über das zu leise Fahren der Wagen mit Vergnügen entgegennehmen."

Sehr wichtig waren die Energiemessungen zur Ermittlung des Wirkungsgrades. Bei diesen mußten besondere Meßinstrumente eingeschaltet werden, da die Anlage für gewöhnlich ohne jeden Strom- oder Leistungszeiger arbeitete, und man den Grad der Belastung der Stromerzeuger nach der Erwärmung oder nach den Funken am Kommutator schätzte.

Endlich benutzten Siemens & Halske ihre Beziehungen zur Bahngesellschaft, um über die Kosten des elektrischen Betriebes ein Urteil zu gewinnen. Im ersten Betriebsjahre ergaben sich folgende Kosten:

Allgemeine Verwaltungskosten	35 300 ℳ
Bahnunterhaltung	4 000 „
Löhne	28 500 „
Kohle und Schmieröl	20 000 „
Beleuchtung	6 600 „
Ersatz und Reparaturen (geschätzt)	15 000 „
	109 400 ℳ

Da 335 000 Wagenkilometer zurückgelegt waren, so ergaben sich 32,65 Pf. für das Wagenkilometer, gegenüber 34,4 Pf. bei der Berliner Pferdeeisenbahn im Jahre 1883.

Die Gesamtkosten erhöhten sich allerdings infolge von Mängeln der Dampfmaschine und anderen, nicht technischen Ursachen auf 144 000 ℳ, denen eine Einnahme von 148 500 ℳ gegenüberstand. Der Betrag von 15 000 ℳ für Ersatz und Reparaturen war natürlich ungewöhnlich hoch. „Er stellte die Kurkosten für Kinderkrankheiten dar." Auch der Kohlenverbrauch war wegen der Mängel der Dampfmaschine übermäßig groß.

Die Bahn Frankfurt—Offenbach hat bis zum Jahre 1907 mit der alten Oberleitung bestanden und ist dann für die jetzt übliche Oberleitung umgebaut werden.

Die Oberleitung mit Röhren war ohne Frage schwerfällig, unschön und teuer. Es ist zu verstehen, daß sie in Deutschland nicht weiter angewendet wurde, und daß die Entwicklung der elektrischen Bahnen in Deutschland auf diese Weise für einige Jahre zum Stillstand kam. Dennoch haben die mit ihr ausgeführten Personenbahnen ihre geschichtliche Bedeutung, und zwar nicht nur wegen der Erfahrungen, die hinsichtlich der Motoren und Zahnräder gewonnen wurden, sondern auch gerade für die Ausbildung der Oberleitung. Denn von den ursprünglichen Siemensschen Ausführungen der Oberleitung ausgehend, kamen die Amerikaner, die jetzt unter für sie günstigen Bedingungen einige Jahre die Führung in die Hand nahmen, durch folgerichtige Verwertung ihrer Erfahrungen zu dem jetzigen neuzeitlichen Oberleitungssystem mit Fahrdraht und Schienenrückleitung. Gleichzeitig wurde dann in Amerika der Motor einerseits auf der Laufachse gelagert, anderseits federnd am Wagengestell aufgehängt und weiter dann in vollständig geschlossener Bauart ausgeführt. Nachdem dann noch Siemens & Halske dem aus Amerika herübergekommenen Stromabnehmer mit Kontaktrolle den Kontaktbügel an die Seite gesetzt hatten, war auf dem Gebiete der elektrischen Gleichstrombahnen die Zeit der Versuche und Vorarbeiten im wesentlichen abgeschlossen.

Die Entwicklung der Güterzuglokomotive auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn.

1825—1847.

Von

Dr. techn. R. Sanzin, Wien.

Die am 27. September 1825 eröffnete Stockton-Darlington-Eisenbahn in England war die erste öffentliche Dampfeisenbahn. Sie hat sich aus den einfachen Bergwerksbahnen entwickelt, die in der Kohlengegend um Newcastle-on-Tyne schon viele Jahre vorhanden waren. Die Stockton-Darlington-Eisenbahn ist aber hauptsächlich nur eine Kohlenförderbahn geblieben; der Personenverkehr war zwar grundsätzlich eingerichtet, aber er spielte nur eine nebensächliche Rolle. Das ist der Grund, warum der Eröffnung der Stockton-Darlington-Eisenbahn in der Geschichte der Eisenbahnen lange nicht die Bedeutung beigemessen wird wie der Eröffnung der Liverpool-Manchester-Eisenbahn am 15. September 1829. Dieser Tag wird allgemein als Geburtstag der Dampfeisenbahnen hingestellt. Er scheint es auch tatsächlich zu sein; denn von da an entwickelte sich die Dampflokomotive mit Riesenschritten, und in wenigen Jahren darauf sind Eisenbahnen in allen Ländern der Erde eingeführt, und ihre Netze sind ständig im Wachsen. Der glänzende Erfolg der Liverpool-Manchester-Eisenbahn verleitet, die mühevolle Entwicklung der Eisenbahntechnik auf der älteren Stockton-Darlington-Eisenbahn zu unterschätzen oder wohl gar zu übersehen. In Wahrheit ist sie aber die Vorschule für die Liverpool-Manchester-Eisenbahn gewesen. George und Robert Stephenson, Timothy Hackworth und Nicolas Wood holten ihre Erfahrungen auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn, die unter großen Schwierigkeiten langsam erbaut wurde, und deren Betrieb mancherlei Wandlungen durchmachte.

Schon im Jahre 1817 plante Edward Pease eine Eisenbahn von Stockton nach Darlington. Nach mancherlei Schwierigkeiten, und nachdem das Parlament die Baubewilligung zweimal verweigert hatte, wurde am 19. April 1821 die Erlaubnis zum Bau einer öffentlichen Eisenbahn für Güter- und Personenverkehr mit Pferdebetrieb erteilt. Es war dies die erste öffentliche Eisenbahn für Personenverkehr. Die bis dahin bestandenen Eisenbahnen waren nur Hilfsbahnen für den Bergbau. Am 21. Januar 1822 wurde George Stephenson zum leitenden Bauingenieur der Eisenbahn ernannt. Er besaß reiche Erfahrungen auf dem Gebiete der Eisenbahnen. Namentlich der Bau der Hetton-Kohlenbahn und der zugehörigen Lokomotiven hatte seinen Ruf gefestigt. Am 22. Mai 1822 wurde die erste Schiene gelegt. Die 39,5 km lange Strecke Stockton-Darlington besaß an den Enden je zwei schiefe Ebenen mit Seilbetrieb, die mit feststehenden Dampfmaschinen betrieben wurden. Die schiefe Ebene bei Greenfield unweit Stockton hatte 1025 und 2294 m

Länge, eine Höhe von 31 m, eine größte Steigung von 1:33, und die Dampfmaschine hatte eine Leistung von 30 PS. Die schiefe Ebene bei Bruselton bei Darlington hatte 1694 und 755 m Länge, 64 m Höhe, eine größte Steigung von 1:30 und eine Dampfmaschine von 60 PS. Die zwischenliegende eingleisige Strecke hatte eine größte Steigung von 1:104 auf eine Länge von 1867 m. Das Gefälle verläuft ziemlich gleichmäßig von Darlington nach Stockton. Gegensteigungen sind nicht vorhanden. Das mittlere Gefälle der Reibungsbahn zwischen Darlington und Stockton ist 1:286.

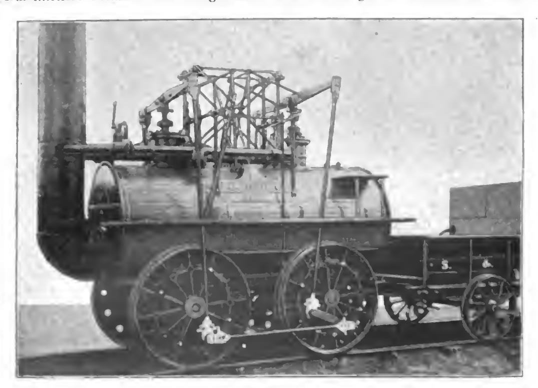


Abb. 1.
Lokomotive „Locomotion" der Stockton-Darlington-Eisenbahn.
Gebaut 1825 von R. Stephenson in Newcastle on Tyne.

Da die Eisenbahn hauptsächlich einer Vereinigung von Grubenbesitzern gehörte, war geplant, daß die einzelnen Gruben die Kohle mit den eigenen Fahrbetriebsmitteln nach Stockton beförderten. Dem Personenverkehr war nur eine nebensächliche Rolle zugedacht. George Stephenson erwirkte es, daß auch ein Versuch mit Dampflokomotiven unternommen wurde. Es wurde zu diesem Zwecke eine Lokomotive in der von den beiden Stephensons im Jahre 1824 in Newcastle-on-Tyne gegründeten Lokomotivfabrik bestellt. Diese Lokomotive mit dem Namen „Locomotion" und der Bezeichnung Nr. 1 der Stockton-Darlington-Eisenbahn ist als erste Lokomotive einer öffentlichen Eisenbahn in England ebenso volkstümlich geworden wie die „Rocket" der Liverpool-Manchester-Eisenbahn. Sie bedeutet jedoch gegen die vorher von Stephenson an die Kohlenbahnen in Killingworth und Hetton gelieferten Lokomotiven keinen wesentlichen Fortschritt. Es sind nur die Abmessungen verstärkt und das Gewicht vergrößert[1]).

[1]) Die „Locomotion' dürfte bereits die 10. oder 11. Lokomotive gewesen sein, die von R. Stephenson gebaut wurde.

Die Dampfzylinder stehen noch am Rücken des Kessels und arbeiten mit je zwei rückwirkenden Triebstangen auf die Räder. Die Dampfzylinder sind teilweise in den Dampfraum des Kessels versenkt. Die beiden Achsen sind durch äußere Kuppelstangen und Gegenkurbeln verbunden. Die Bewegung der Schieber wird durch ein einziges Exzenter an der ersten Achse besorgt. Der Abdampf tritt durch zwei kurze seitliche Blasrohre in den weiten Rauchfang. Die Räder bestehen aus einem gußeisernen Stern mit eingegossener Nabe für den Triebzapfen und besonderen auswechselbaren gußeisernen Radkränzen, die durch Holzkeile und Bolzen am Radstern festgehalten werden. Der zylindrische Kessel hat ein einfach durchgeführtes, glattes Flammrohr, das nur eine sehr geringe Heizfläche bietet. Der Rost ist in das Flammrohr eingebaut. Der Kesseldruck beträgt 25 lb (1,76 at). Es ist ein Sicherheitsventil mit Gewichtsbelastung vorhanden. Die Speisepumpe wird vom vorderen Kreuzkopfquerstück angetrieben. Der ursprüngliche Schlepptender führte als Wasserbehälter ein Faß. Der Stand von Lokomotivführer und Heizer war am vorderen Ende des Tenders, doch führten noch zwei Laufbretter seitlich am Kessel entlang, um zum Gestänge gelangen zu können.

Die theoretische Zugkraft der „Locomotion" war bei einem nützlichen Dampfdruck von 1,2 at in den Zylindern etwa 600 kg am Umfang der Triebräder. Sie konnte bei der geringen Dampferzeugung des Kessels nur bei kleiner Fahrgeschwindigkeit ausgeübt werden. George Stephenson schätzte die Leistung der Lokomotive unter günstigen Verhältnissen auf 20 PS, so daß sich eine Reibungsgeschwindigkeit von 9 km/st ergeben würde. Sie soll auf wagrechter Strecke 90 t mit 10 bis 13 km/st gezogen haben, was ungefähr der angeführten Zugkraft und Leistung entspricht.

Die Eröffnung der Stockton-Darlington-Eisenbahn erfolgte am 27. September 1825 mit einem durch die „Locomotion" gezogenen Zug. Der Hergang dieser historischen Eröffnungsfahrt ist mehrfach ausführlich behandelt.

Die „Locomotion" machte auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn 1825 bis 1850 Dienst, lief noch bis 1857 auf einer Grubenbahn und wurde dann auf der North-Road-Station in Darlington auf einem Sockel als Wahrzeichen aufgestellt. Als der Hauptverkehr der Nord-Ost-Bahn von der North-Road-Station in die Banktop-Station in Darlington verlegt wurde, ist im April 1892 die „Locomotion" ebenfalls dahin übertragen worden, wo sie jetzt neben der „Derwent" aufgestellt ist.

Die Lokomotiven „Hope", „Black Diamond" und „Diligence" mit den Eisenbahnbezeichnungen Nr. 2, 3 und 4 der Stockton-Darlington-Eisenbahn, wurden im Jahre 1826 von der Bauanstalt R. Stephenson und Co. in Newcastle-on-Tyne nach dem Vorbild der „Locomotion" ausgeführt.

Anfang 1826 baute R. Stephenson & Co. in Newcastle-on-Tyne eine dreifach gekuppelte Lokomotive mit dem Namen „Experiment" für die Stockton-Darlington-Eisenbahn. Diese Lokomotive ist nicht nur die erste mit drei gekuppelten Achsen, sie besitzt auch das erstemal unmittelbar wirkende Dampfmaschinen, die unter einem Winkel von ungefähr 30° gegen die vordere Triebachse geneigt sind. Die Nachteile des lotrechten Antriebes hatten Stephenson zu dieser Neuerung veranlaßt. Der lotrechte Antrieb mit Zylindern am Rücken des Kessels und rückwirkenden Triebstangen brachte einen unruhigen Gang der Lokomotiven mit sich. Durch die Verwendung von Tragfedern wurden diese schädlichen Bewegungen noch verstärkt. Außerdem war trotz reichlicher schädlicher Räume an den Enden der Dampfzylinder ein Aufstoßen der Kolben auf die Zylinderdeckel zu befürchten. Die geneigte Lage der Dampfmaschine und der unmittelbare Antrieb der Achsen

war daher ein wichtiger Fortschritt im Lokomotivbau. Die schädlichen Bewegungen wurden vermindert und damit eine bessere Eignung für höhere Fahrgeschwindigkeit erlangt. Bei der geneigten Lage des Triebwerkes übt das Federspiel kaum mehr einen Einfluß auf die Bewegung des Kolbens aus. Man kann daher ohne Bedenken eine gute Abfederung der Triebachse anwenden. Die Dampfmaschinen der „Experiment" sind auf starke, seitlich am Kessel angebrachte Blechträger aufgebaut, die wiederum mit der Achslagerführung zusammenhängen. Man hatte nun schon erkannt, daß die paarweise auftretenden Kräfte im Triebwerk eine kräftige Verbindung zwischen Zylinder und Triebachse erfordern.

Die „Experiment" war jedenfalls die erste Güterzuglokomotive mit drei gekuppelten Achsen und verdient als solche besondere Beachtung. Eine zweite ähnliche Lokomotive wurde 1829 von R. Stephenson & Co. an die Stockton-Darlington-Eisenbahn geliefert. Sie erhielt den Namen „Rocket" und die Eisenbahnnummer 7. Ferner wurde im gleichen Jahre eine derartige Lokomotive (Nummer 16 der Bauanstalt) an die Tredgar-Eisenwerke in Südwales geliefert, wo sie auf der Sirhowy-Werksbahn bis zum Jahre 1882 im Dienste stand. Im Kensington-Museum in London befindet sich von dieser Lokomotive ein von R. Stephenson entworfener Plan, der den Antrieb der Steuerung von einem Zahnradvorgelege an der letzten Achse und getrennte Einlaß- und Auslaßschieber erkennen läßt. Ferner sind dort Photographien der Lokomotive aus einer Zeit vorhanden, wo sie noch im Betrieb gestanden ist. Sehr überraschend ist, daß in den Jahren 1846 bis 1848 die Tredgar-Eisenwerke selbst vier weitere Lokomotiven derselben Bauart ausgeführt haben, obschon zu dieser Zeit der Lokomotivbau weit vorgeschritten war und die Ausführung weit vollkommener Lokomotiven möglich gewesen wäre.

Im Jahre 1827 erhielt Timothy Hackworth[1]), der seit Juni 1825 erster Maschineningenieur der Stockton-Darlington-Eisenbahn war, von den Direktoren der Eisenbahn den Auftrag, die Lokomotive „Stockton", deren Leistung nicht befriedigte und die bei einem Zusammenstoß beschädigt worden war, umzubauen.

Die Lokomotive erhielt nach dem Umbau den Namen „Royal George"[2]). Es wurden drei statt zwei Achsen eingebaut, alle Achsen wurden gekuppelt und die letzte Achse durch zwei lotrechte, jedoch direkt wirkende und um 90° versetzte Dampfmaschinen angetrieben. Diese Anordnung war neu, jedoch weniger zweckentsprechend als die von Stephenson an der „Experiment" ausgeführte, da hier wieder die Schwierigkeit wegen Abfederung der Triebachse vorhanden war. Es besitzen daher auch nur die beiden vorderen Achsen jederseits eine gemeinsame Blattfeder, während die Triebachse ungefedert ist[3]).

---

[1]) Timothy Hackworth hatte bereits beim Bau der „Puffing Billy" regen Anteil genommen. Als George Stephenson mit E. Pease in Newcastle-on-Tyne im Jahre 1824 die Lokomotivfabrik gründete, war Hackworth als Leiter bestellt worden. Hackworth soll dann selbst die Absicht gehegt haben, eine Lokomotivfabrik zu gründen, trat jedoch im Jahre 1827 als erster Maschineningenieur zur Stockton-Darlington-Eisenbahn über. Hackworth muß neben den beiden Stephensons als der größte Förderer des Lokomotivbaues seiner Zeit angesehen werden. Zahlreiche Erfindungen und Verbesserungen rühren von ihm her. Namentlich war Hackworth sehr erfolgreich in der Ausbildung der Steuerungen. Die von ihm gebauten Gabelsteuerungen waren wegen ihrer Zuverlässigkeit gerühmt und konnten sogar einige Zeit hindurch den Wettbewerb mit der Stephensonschen Schwingensteuerung behaupten.

[2]) Abbildung s. Matschoß, Geschichte der Dampfmaschine I. 782.

[3]) Dieselbe Anordnung der Dampfzylinder führte Hackworth auch an der „Sanspareil" aus, die an den Wettfahrten auf der Liverpool-Manchester-Eisenbahn im Jahre 1829 teilnahm.

Die Steuerung ist von Hackworth besonders ersonnen. Eine vor den Dampfzylinder quer über den Kessel liegende Welle wird durch zwei einarmige Hebel von den Kreuzköpfen aus in umlaufende Bewegung versetzt. Auf der Welle sitzen zwei lose Exzenter, die von Daumen in beiden Fahrrichtungen mit 90° Voreilung mitgenommen werden. Die Exzenterstangen sind mit Griffen versehen und können nach Bedarf durch Bedienung eines Hebels in die Schieberstangen eingehängt werden.

Der Kessel erhielt zur Vergrößerung der Heizfläche ein umkehrendes Flammrohr nach dem Vorbilde der Kessel von Trevithick und Hedley. Die Feuertür und der Rauchfang befanden sich daher nebeneinander am vorderen Ende des Kessels. Da sich hier der Heizer, der Lokomotivführer jedoch an der Umsteuerung neben den Dampfzylindern aufzuhalten hatte, so erhielt diese Lokomotive an jedem Ende

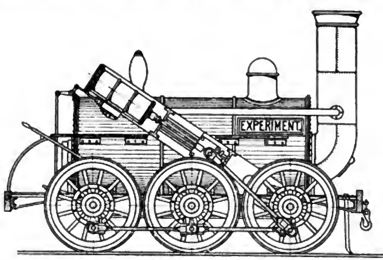


Abb. 2.
Lokomotive „Experiment" der Stockton-Darlington-Eisenbahn.
Gebaut 1826 von R. Stephenson in Newcastle on Tyne.

einen besonderen Schlepptender mit je einer Plattform. Der vorausgehende Tender führte die Kohle, der nachfolgende Wasser, das bis etwa 1832 in großen hölzernen Fässern enthalten war. Der Kesseldruck war 50 lb (3,52 at).

Das Blasrohr der „Royal George" lag in der Mitte des Rauchfanges und hatte einen konischen Kopf mit Verengung der Mündung, wie Hackworth es auch an der „Sanspareil" ausführte. Stephenson führte dagegen damals für jeden Zylinder ein besonderes Blasrohr seitlich in den Rauchfang, und es war keine nennenswerte Verengung der Mündungen vorhanden. Die „Royal George" soll auch eine Einrichtung zur Vorwärmung des Speisewassers besessen haben. Das Sicherheitsventil hatte Federbelastung.

Ein Originalmodell dieser Lokomotive ist im Victoria- und Albertmuseum in London aufbewahrt. Es besteht die Vermutung, daß Hackworth dieses Modell den Direktoren der Stockton-Darlington-Eisenbahn vorlegte, als er den Umbau der „Stockton" zu vertreten hatte.

Die umgebaute „Royal George" trat ihren Dienst im Oktober 1857 wieder an; ihre Leistungen waren so befriedigend, daß der Betrieb mit Lokomotiven im größeren Umfange fortgesetzt wurde, nachdem einige Zeit hindurch der Lokomotivbetrieb wenig befriedigt hatte[1]).

[1]) Nach einem Briefwechsel zwischen Stephenson und Hackworth.

Eine der „Royal George" ähnliche Lokomotive wurde von Hackworth nach Canada geliefert. Sie hatte ebenfalls lotrechte, auf die letzte Achse wirkende Dampfzylinder. Der Name dieser Lokomotive war „Sampson"[1]). Sie besorgte den Dienst auf der Stellarton-Grubenbahn zwischen Albion und Pictou-Harbour und war bis 1882 in Verwendung.

Um die obenerwähnten Nachteile des lotrechten unmittelbaren Antriebes zu vermeiden, baute Hackworth im Jahre 1831 an der Lokomotive „Coronation" eine andere Anordnung des Triebwerkes. Vor den drei gekuppelten Achsen lag eine im Rahmen fest gelagerte Blindwelle, die durch zwei lotrechte Dampfzylinder angetrieben

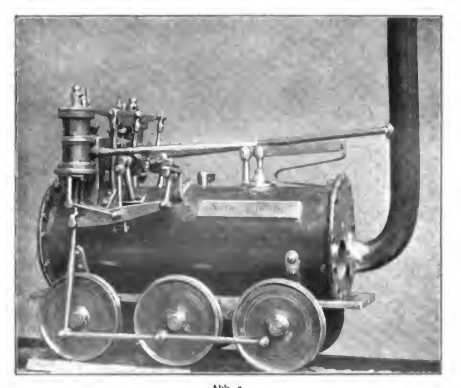


Abb. 3.
Modell der Lokomotive „Royal George" im Kensington-Museum in London.
Ausgeführt von Hackworth 1827.

wurde. Es war nun die Möglichkeit vorhanden, alle Achsen mit Tragfedern zu versehen, ohne daß schädliche Bewegungen der Lokomotive durch den wechselnden Dampfdruck zu befürchten waren. Außerdem konnten die schädlichen Räume in gewöhnlicher Weise ausgebildet werden. Indessen war auch diese Anordnung durch die Blindwelle vielteilig gestaltet, und Hackworth kehrte nach einigen weiteren Versuchen bei den späteren Lokomotiven der Stockton-Darlington-Eisenbahn wieder zur geneigten Anordnung der Dampfzylinder zurück, die Stephenson zuerst an der „Experiment" anwendete.

Die „Coronation", Nr. 13 der Stockton-Darlington-Eisenbahn, war bei R. und W. Hackworth in Newcastle-on-Tyne gebaut. Die Dampfzylinder hatten $14^3/_4$" (375 mm) Dmr. und 16" (406 mm) Kolbenhub. Die Triebräder besaßen 4' (1219 mm) Dmr.

[1]) The Locomotive Magazine 1914, S. 17.

Durch die Anordnung der Dampfmaschine und Blindwelle vor dem Kessel war die Gewichtsverteilung der Lokomotive gestört, und es mußten als Ausgleich am rückwärtigen Ende zu beiden Seiten des Kessels Gewichte eingebaut werden. Die „Coronation" hatte einen einfachen Flammrohrkessel nach der Bauart von Stephenson, der Stand des Heizers war daher rückwärts und der Kohlentender hinter der Lokomotive angehängt. Der Stand des Führers war an der Maschine vor der Rauchkammer, und der Wasserwagen ging der Lokomotive voraus.

Eine Zeichnung dieser Lokomotive läßt die Anordnung einer Signalglocke am Rücken des Kessels erkennen, die in gleicher Weise ausgeführt ist, wie sie später auf den nordamerikanischen Eisenbahnen allgemein zur Verwendung kam.

Bis zum Jahre 1830 bestanden auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn nur die beschriebenen, hauptsächlich für Güterzüge geeigneten Lokomotiven. Sie beförderten vorherrschend die Kohlenzüge, mitunter gemischte Züge, während der Personendienst noch durch Pferde besorgt wurde.

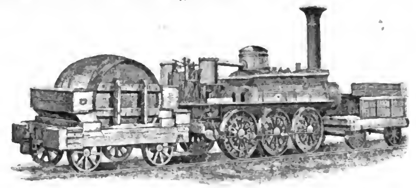


Abb. 4.
Lokomotive „Wilberforce" der Stockton-Darlington-Eisenbahn.
Gebaut 1832 von R. u. W. Hawthorn in Newcastle on Tyne.

Ab 1830 wurden jedoch bereits auch auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn eigentliche Personenzugslokomotiven geschaffen.

An der „Wilberforce", die nach den Entwürfen von Hackworth im Jahr 1832 bei R. u. W. Hawthorn gebaut wurde, ist ebenfalls der Antrieb mit Blindwelle beibehalten, diese liegt jedoch samt den lotrechten Dampfmaschinen hinter dem Kessel. Die Gewichtsverteilung ist hierdurch günstiger gestaltet.

Der Kessel hatte ein Flammrohr und 104 rückkehrende Feuerrohre. Die Rauchkammer hatte eine eigenartige Form, die aus Abb. 4 zu entnehmen ist.

Die Zylinder hatten $14^3/_4''$ (375 mm) Dmr. und $16''$ (406 mm) Kolbenhub, die Triebräder $4'$ (1219 mm) Dmr.

In den Jahren 1831 und 1832 wurden etwa 12 bis 14 Lokomotiven mit lotrechten Dampfmaschinen, Blindwelle und drei gekuppelten Achsen für die Stockton-Darlington-Eisenbahn gebaut. Darunter auch die Lokomotiven „Director", „Adelaide" und „Lord Durham", die bei Stephenson in Newcastle im Jahre 1832 gebaut waren. Diese Lokomotiven hatten Dampfzylinder von $14^1/_2''$ (368 mm) Dmr. und $16''$ (406 mm) Kolbenhub. Die Triebräder hatten $4'$ (1219 mm) Dmr.

Nach Colburn[1]) hatten diese Lokomotiven Gabelsteuerung. Die Schieber besaßen bereits eine größere Überdeckung, so daß die Füllung etwa 85 vH betrug und wenigstens eine geringe Dehnung vorhanden war.

[1]) Colburn, Locomotive Engineering. S. 57.

Die lotrechte Anordnung der Dampfzylinder und die Verwendung einer Blindwelle konnte sich nicht lange behaupten. Hackworth kehrte später wieder zur geneigten Lage der Dampfzylinder zurück, wie sie zuerst von Stephenson an der „Experiment" angewendet wurde, und wie sie auch von Hackworth bereits an einigen Lokomotiven der „Middlesboro"-Klasse[1]) ausgeführt worden war.

Die Neigung der Dampfzylinder wurde nun noch geringer gewählt, um den Einfluß der Dampfdrücke auf den Gang der Lokomotive zu verringern.

Die nach den Entwürfen von Hackworth im Jahre 1830 bei W. Lister in Middlesboro gebaute „Middlesboro" besaß die Zylinderanordnung der „Experiment", wogegen der Kessel ein rückkehrendes Flammrohr nach dem Vorbilde der „Royal George" erhielt. Es war keine Rauchkammer vorhanden, sondern der Rauchfang schloß unmittelbar an das Flammrohr, wie dies bei den ältesten Lokomotiven üblich war.

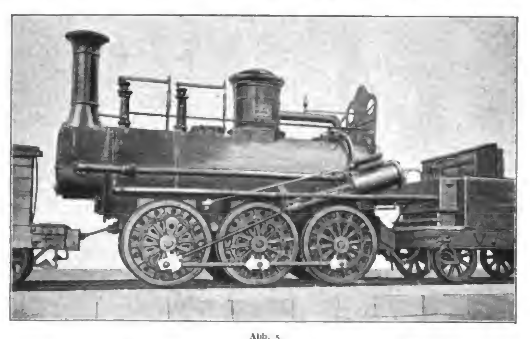


Abb. 5
Lokomotive „Derwent" der Stockton-Darlington-Eisenbahn, gebaut 1837.

Die Zylinder, die seitlich am rückwärtigen Ende des Kessels lagen, hatten 18" (457 mm) Kolbenhub, während die drei gekuppelten Achsen Räder von 3'9" (1143 mm) Dmr. besaßen. Der Radstand betrug 8'9" (2667 mm).

Eine dieser Lokomotiven, „Derwent", Nr. 25 der Stockton-Darlington-Eisenbahn, ist noch erhalten und befindet sich im Banktop-Bahnhof zu Darlington neben der „Locomotion". Sie ist in der Hopetown-Railway-Foundry von W. und A. Kitching in Darlington im Jahre 1837 gebaut.

Die stark geneigten Dampfzylinder treiben die erste Achse an. Die Steuerung ist eine Gabelsteuerung nach der von Hackworth gebräuchlichen Anordnung.

Der Kessel hat ein Flammrohr und 104 rückkehrende Feuerrohre. Es ist ein großer Dampfdom vorhanden. Der Regler liegt in der Form eines Flachschiebers am rückwärtigen Ende des Kesselrückens. Die Ein- und Ausströmrohre liegen hier

[1]) Vgl. Glasers Annalen 1914, S. 130, Abb. 2.

außerhalb des Kessels. Kessel und Dom zeigt eine Holzverschalung. Der Kesseldruck ist 60 lb (4,22 at).

Die Zylinder haben 15" (381 mm) Dmr., 24" (610 mm) Kolbenhub und die Triebräder besitzen 4' (1219 mm) Dmr.

Die „Locomotion" hatte ursprünglich einen Kessel mit einem durchgehenden Flammrohr, wie Stephenson solche Kessel bis dahin vorherrschend ausführte. Hackworth zog dagegen bei den nach seinen Entwürfen gebauten Lokomotiven Kessel mit einem rückkehrenden Flammrohr vor. Diese zuerst von Trevithick angewendete Kesselbauart hatte den Vorzug einer größeren Heizfläche, während der Stephensonsche Flammrohrkessel einfach herzustellen war und größere Sicherheit bot.

Als sich die Notwendigkeit herausstellte, die Heizfläche weiter zu vergrößern, gelangte auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn eine Kesselbauart zur Einführung, die sich aus dem Trevithickschen Kessel entwickelt hatte. Es war ein Flammrohr vorhanden, das in eine Umkehrkammer mündete. Von dieser gingen bei den älteren Ausführungen zwei weite Feuerrohre wieder nach dem vorderen Ende des Kessels. Später wurde die Zahl der Feuerrohre vergrößert, der Durchmesser verringert, so daß hier der als Schiffskessel vielfach gebräuchliche Zylinderkessel mit Umkehrkammer und rückkehrenden Feuerrohren auch im Lokomotivbau Verwendung fand. Es ist bemerkenswert, daß diese von Hackworth erfundene Kesselbauart auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn noch in den Jahren 1840 bis 1845 an neuen Lokomotiven ausgeführt wurde, während der Lokomotivkessel mit Feuerbüchse und durchziehenden Feuerrohren im Jahre 1829 an der „Rocket" zuerst ausgeführt wurde und von da an sonst fast allgemein für Lokomotiven Anwendung fand. Es ist somit bemerkenswert, daß sich auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn eine eigene Kesselbauart so lange erhalten konnte.

Die Verwendung dieser Kesselbauart beschränkte sich jedoch auf die verhältnismäßig schweren Güterzuglokomotiven mit drei gekuppelten Achsen nach den Entwürfen von Hackworth, während die leichteren Personenzugslokomotiven von den üblichen Stephensonschen Bauarten nicht abwichen und gewöhnliche Lokomotivkessel besaßen.

Jedenfalls werden die Hackworthschen Güterzuglokomotiven mit drei gekuppelten Achsen, mit lotrechten und geneigten Dampfzylindern und Kessel mit einem Flammrohr und rückkehrenden Feuerrohren die stärksten Güterzugslokomotiven ihrer Zeit. Sie hatten ein Reibungsgewicht von 20 bis 22 t, während die von Stephenson im Jahre 1834 für die Leicester- und Swannington-Eisenbahn gebaute „Atlas", die vielfach als die erste starke Güterzuglokomotive angesehen wird, nur 17 t Reibungsgewicht besaß.

Auch der Nachfolger Hackworths, William Bouch, behielt die eigentümliche Bauart der schweren Güterzuglokomotiven bei. In den Werken der Stockton-Darlington-Eisenbahn wurde in den Jahren 1845 und 1846 sechs Lokomotiven einer neuen Bauart vollendet, die wie bisher äußere geneigte Dampfzylinder besaßen. Die Dampfzylinder liegen vorn neben der Rauchfangkammer. Es war Gabelsteuerung angeordnet, obwohl die Kulissensteuerung von Howe und Stephenson bereits 1842 erfunden wurde und um 1845 bereits allgemein angewendet wurde. Diese Lokomotiven mit dem Namen „Miner", „Wear", „Redcar", „Eldon", „Shildon" und „Driver" besaßen bereits Lokomotivkessel, deren Feuerbüchsen hinter der letzten Kuppelachse lagen. Diese Lokomotiven hatten große Dampfdome und außerhalb

des Kessels liegende Ein- und Ausströmrohre. Die Räder waren noch immer aus Gußeisen nach der an der „Locomotion“ zuerst angewendeten Bauart.

Die Dampfzylinder hatten 15″ (381 mm) Dmr., 24″ (610 mm) Kolbenhub und die Triebräder 4′ (1219 mm) Dmr. Der Radstand war 9′1″ (2669 mm). Die Lokomotiven hatten 22 engl. t 17 cwt (23,22 t) Dienstgewicht.

Der Langkessel hatte 13′ (3962 mm) Länge und 4′4″ (1321 mm) Dmr. Die 213 Feuerrohre von 1 7/8″ (47,6 mm) äußeren Dmr. hatten 13′3 (4039 mm) Länge zwischen den Rohrwänden. Die gesamte Heizfläche ist 1363 Quadratfuß (126,61 qm). Die Feuerbüchse war 41″ lang, 37″ breit und 47″ hoch (1041, 940 und 1194 mm). Die Rostfläche war nur 10 Quadratfuß (0,93 qm). Der Kesseldruck ist 75 lb (5,3 at).

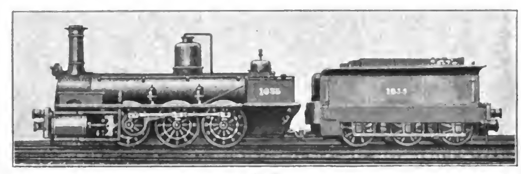


Abb. 6a.
Lokomotive „Commerce“ der Stockton-Darlington-Eisenbahn.
Gebaut 1847 von Bouch auf den Shildon-Werken.

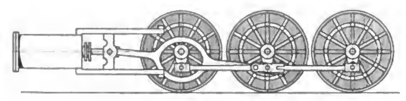


Abb. 6b.
Triebwerk der „Commerce“.

Diese Lokomotiven gingen im Jahre 1848 in den Stand der Nord-Ost-Bahn über. Einige derselben machten sehr lange Dienst. Eine, die „Shildon“, hat im Jahre 1875, zur Zeit der Fünfzigjahrfeier der Eröffnung der Stockton-Darlington-Eisenbahn, noch im Betriebe gestanden.

Obschon bei der Anwendung des gewöhnlichen Lokomotivkessels die Verwendung von je einem besonderen Tender für Kohle und Wasser hätte vermieden werden können, hatte auch diese Lokomotive zwei Tender, von welchen einer der Lokomotive voranging, einer nachfolgte, doch war dies die letzte Lokomotivbauart mit zwei Tendern.

Es vollzieht sich nun der Übergang zu der Güterzuglokomotive mit drei gekuppelten Achsen, nahezu wagrechten Außenzylindern, inneren Rahmen und überhängender Feuerbüchse.

Die von W i l l i a m B o u c h und D a l e im Jahre 1847 geschaffene Lokomotivbauart besitzt bereits alle diese Merkmale. Doch mußten wahrscheinlich wegen der beschränkten Breite der Umgrenzungslinie die Zylinder soweit gegen die Radebenen

gelegt werden, daß die Triebstangen innerhalb der Kuppelstangen am Triebzapfen angreifen mußten. Die Triebstange mußte daher eine große Aussparung erhalten, um dem Triebzapfen der vorderen Kuppelachse auszuweichen, und die Entfernung der Kreuzkopfführungen war aus denselben Gründen mit nicht weniger als 30″ (762 mm) bemessen.

Die Lokomotive hatte innere lotrechte Flachschieber. Die Bewegung der Schieber wurde hier bereits durch die Stephensonsche Schwingensteuerung besorgt, doch erfolgte die Übertragung von der Kulisse durch wagrecht schwingende, einarmige Hebel an die Schieberstangen. Auch an diesen Lokomotiven waren noch die gußeisernen Triebräder mit aufgekeilten Reifen nach dem Vorbilde der „Locomotion" vorhanden. Die Lokomotiven hatten Dampfbremsen. Zwischen den gekuppelten Rädern waren jederseits zwei dreieckige hölzerne Bremsklötze, die durch je einen kleinen Dampfzylinder an der Seite des Langkessels angehoben wurden.

Die drei Lokomotiven „Commerce", „Guisbo" und „Gem" dieser Bauart hatten folgende Hauptabmessungen: Die Dampfzylinder hatten 16″ (406 mm) Dmr. bei 24″ (610 mm) Kolbenhub. Der Laufkreisdurchmesser der Triebräder war 4′ (1219 mm). Der feste Radstand der drei gekuppelten Achsen war 8′8″ (2642 mm). Der Langkessel hatte eine Länge von 13′19″ (4216 mm) und einen Durchmesser von 4′ (1219 mm). Die 107 Feuerrohre waren zwischen den Rohrwänden 14′2″ (4318 mm) lang. Die Heizfläche war 826 Quadratfuß (76,73 qm) und Rostfläche 10 Quadratfuß (0,93 qm). Der Kesseldruck war 80 lb. (5,63 at).

Das Gewicht der Lokomotive im Dienst war 25 engl t. 11 cwt. (25,96 t), wovon auf die erste Achse eine Belastung von 10 engl. t 5 cwt (10,41 t) kam.

Im Jahre 1854 baute William Bouch in Shildon die „Duke". Es ist das eine dreifach gekuppelte Güterzuglokomotive mit Innenrahmen, wagrechten Außenzylindern gewöhnlicher Anordnung und mit überhängender Feuerbüchse.

Der Radstand ist auf 10′ (3048 mm) erhöht. Die Zylinder haben 18″ (457 mm) Dmr., bei 18″ (457 mm) Kolbenhub. Das Gewicht ist bereits 31 engl. t 1 cwt (31,55 t).

Es ist somit jene Lokomotivbauart erreicht, die später in ungemein großer Zahl besonders am europäischen Festlande ausgeführt wurde. Diese Lokomotivbauart hat sich auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn allmählich aus den Grubenlokomotiven entwickelt. Der große Güterverkehr auf einer verhältnismäßig ungünstigen Strecke hat die Entwicklung in dieser Richtung gedrängt. Es mußte besonderer Wert auf große Zugkraft und großes Reibungsgewicht gelegt werden, während die Leistungen wegen der verlangten geringen Fahrgeschwindigkeiten nur mäßig waren. Man kam daher mit einer verhältnismäßig geringen Dampferzeugung aus, und daher erklärt sich auch die späte Einführung des Lokomotivkessels. Aber selbst als man diesen angenommen hatte, begnügte man sich mit sehr geringen Rostflächen.

Stephenson hatte zwar schon im Jahre 1834 eine Güterzuglokomotive „Atlas" mit drei gekuppelten Achsen für die Leicester- und Swannington-Eisenbahn gebaut, die mit inneren Dampfzylindern, unterstützter Feuerbüchse und äußeren Rahmen als erste, starke Güterzuglokomotive angesehen wird[1]). Diese Grundbauart ist in England auch vorherrschend geblieben. Die auf der Stockton-Darlington-Eisenbahn entwickelte Güterzuglokomotive mit 3 gekuppelten Achsen, äußeren Dampfzylindern, überhängender Feuerbüchse und Innenrahmen hat in England wenig Nachahmung

[1]) Engineering I, 574. 1895.

gefunden, dagegen ist sie am europäischen Festlande, ganz besonders in Frankreich, vielfach ausgeführt worden. Als einfache, kräftige Güterzuglokomotive ist diese Grundbauart bis in die neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts in vielen Tausend Ausführungen gebaut worden, bis die steigenden Ansprüche des Betriebes stärkere Bauformen erforderten. Die bekannten Lokomotivreihen G 3 und G 4 der Preußischen Staatsbahnen stellt für diese Verwaltung die Endform der Entwicklung dieser Grundbauart dar.

In Nordamerika hat sich die Güterzuglokomotive mit drei gekuppelten Achsen in ähnlicher Weise entwickelt. Auch da entstanden Lokomotiven mit äußeren Dampfzylindern, überhängender Feuerbüchse und Innenrahmen. Indessen wurde die Anfügung einer führenden Laufachse sehr früh bevorzugt. Eine unmittelbare Übernahme dieser amerikanischen Vorbilder auf europäische Eisenbahnen scheint nicht stattgefunden zu haben.

Es ist jedenfalls bemerkenswert, daß die Güterzuglokomotive auf der alten Kohlenbahn von Stockton nach Darlington eine so selbständige und beharrliche Entwicklung durchgemacht hat.

Die technische Verwaltung der österreichischen Reichsstraßen im 18. Jahrhundert.

Von

Dipl.-Ing. Dr. e. h. Alfred Birk,

Professor an der deutschen techn. Hochschule in Prag.

Ich schicke dem eigentlichen Gegenstande meines Aufsatzes einige geschichtliche und bautechnische Bemerkungen voraus, deren Kenntnis für die richtige Beurteilung der im weiteren dargelegten Verhältnisse von Wert ist[1]).

Die ersten Reichsstraßen — Kaiser- oder Ärarialstraßen oder auch Chausseen genannt — wurden unter Kaiser Karl VI. (1711—1740) angelegt, um den Handel durch das ganze Reich zu fördern und eine stramme Zusammenfassung der einzelnen Länder zu einem einheitlich verwalteten Staate zu ermöglichen. Die Kriege unter Maria Theresia (1740—1780) verzögerten den Fortschritt des Straßenbaues, den erst Kaiser Josef II. (1780—1790) wieder willenskräftig belebte, freilich teilweise auch überhastete. Die Tätigkeit in diesem Zeitabschnitte hatte sich besonders auf Straßenbauten in den Alpen (nach Triest über den Arlberg), dann in Mähren, Schlesien und Böhmen, in Galizien und der neugewonnenen Bukowina erstreckt; zu Ende des 18. Jahrhunderts zählte Österreich (ausschließlich Ungarns) gegen 7000 km „Chausseen". Die folgende von Kriegen erfüllte Zeit brachte wenige sichtbare Erfolge; erst nach dem Wiener Kongresse setzte die Straßenbautätigkeit wieder mit Lebhaftigkeit ein; allerdings nunmehr auf anderer Grundlage als im erloschenen Jahrhundert; es hatte sich in der Zwischenzeit der Wechsel von der handwerksmäßigen Ausführung zu einer mehr wissenschaftlichen Behandlung des Straßenbaues vollzogen. Wir können mithin die Wende des Jahrhunderts als den Zeitpunkt betrachten, in dem die erste Entwicklungszeit des Reichsstraßenbaues in Österreich endet.

Die Bautechnik der Straßen trägt in dieser Entwicklungszeit den Stempel ihres Werdens aus dem Bestehenden, aus den Straßenzügen in den einzelnen Ländern, die jederzeit nur ihren eigenen Vorteil, nie den des Staates im Auge gehabt hatten. So fehlt natürlich dem Linienzuge der Straßen der kräftige Ausdruck des Fernverkehrs, der frische Schritt nach dem Ziele. Die Straßen erhalten noch immer Neigungen von 14 bis zu 20 vH. Der Linienzug wird unmittelbar im Gelände ermittelt und bei Ausschaltung jeder Reisbrettarbeit festgelegt. Der 3,5 bis 4,0 Klafter (6,64 bis 7,60 m) breiten Fahrbahn sind beiderseits je 3 Fuß (0,95 m) breite Bermen angefügt; viele Straßenstrecken besitzen Sommerwege auf weichem Boden zur Schonung des unbeschlagenen Zugviehes. Die Straßenfahrbahn wurde in den ersten Jahrzehnten der Reichstraßen nicht über das angrenzende Gelände gehoben; zur Entwässerung dienten offene Querrinnen bei starker Neigung der Straße, ferner Stützkanäle oder

[1]) Nach einer ausführlichen, handschriftlich vollendeten Arbeit, der auch die Abhandlung über den in der Überschrift bezeichneten Gegenstand mit einigen, durch die notwendige Raumbeschränkung gebotenen Kürzungen entnommen ist. Der Verfasser.

auch Roste (Abb. 1 u. 2). Neben der dachförmigen Gestaltung der Oberfläche kam sehr oft die einseitige Neigung ($^1/_{52}$ bis $^1/_{72}$), bei stark fallender Straße auch wagrechte Anordnung vor. Strenge Verordnungen bestanden für die Anpflanzung und Erhaltung von Bäumen entlang der Straßen. Der Fahrbahnkörper wurde aus Erde gebildet, die der Grabenaushub lieferte; der Erdkörper war ein bis zwei Fuß (32 bis 65 cm) hoch, hatte $^1/_{18}$ bis $^1/_{12}$ Oberflächenneigung und wurde von Rasenziegeln umsäumt. Bei schlechtem Untergrunde ließ man die unterste Erdschicht feststoßen und mit breiten Steinen in mehreren Schichten überdecken. Die späteren Straßenbauten jener Zeit zeigen an Stelle der Rasenwände kleine Trockenmauern („Straßenleisten"), die „Schleudersteine" gegen Beschädigungen schützen (Abb. 3). Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts suchte man, durch die ungünstigen Erfahrungen bei starkbefahrenen Straßen angeregt, die innere Festigkeit des Straßenkörpers zu erhöhen, indem man den Grundbau durch Ausfüllung aller Zwischenräume mit

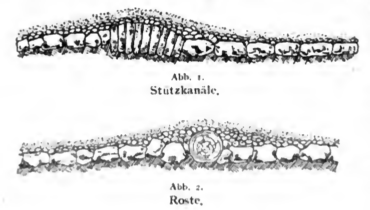


Abb. 1.
Stutzkanäle.

Abb. 2.
Roste.

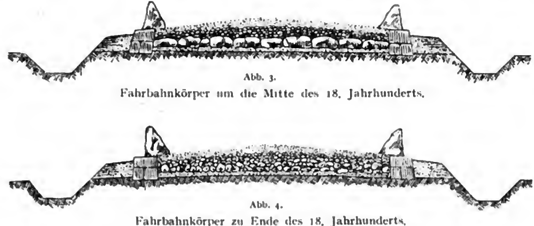


Abb. 3.
Fahrbahnkörper um die Mitte des 18. Jahrhunderts.

Abb. 4.
Fahrbahnkörper zu Ende des 18. Jahrhunderts.

kleinen Steinen, Schutt, Schotter zu einer festen Masse ausbildete, darüber eine 16 bis 21 cm hohe Lage mittelgroßer Bruchsteine aufbrachte, sie mit Sand oder Erde dichtete und mit einer Schichte groben Schotters bedeckte, so daß der ganze Fahrbahnkörper, wenn ihn der Druck der Wagenräder zusammengepreßt hatte, noch immer eine Höhe von 48 bis 53 cm besaß (Abb. 4).

Bis zum Beginn des achtzehnten Jahrhunderts lag die Pflege des Straßenwesens in den Landtagen und in den von ihnen als ausübende Behörden gewählten Landesausschüssen, in denen als entscheidende Machtgrößen die Vertreter der reichen Geistlichkeit, des Adels, der großen Herrschaftsgüter und der freien Städte saßen. Es

waren also füglich nur die Großgrundbesitzer, von denen Wohl und Wehe des Straßenwesens abhingen, oder eigentlich nur die Regsamkeit, das Verständnis, die Neigung, der gute Wille ihrer Beamten. Daran fehlte es überall, und wenn füglich der eine oder andere Wirtschaftsrat oder städtische Angestellte sich bewogen fühlte, einem Straßenbaue Aufmerksamkeit zu schenken, wenn eine Herrschaft oder eine Stadt sich entschloß, für einen solchen Bau Steuergelder zu opfern, oder wenn eine einzelne geschäftstüchtige Persönlichkeit einen Weg gegen das Zugeständnis der Gebühreneinhebung für die Benutzung auf eigene Kosten erbaute, so wurde der Bau zumeist schlecht ausgeführt und die Straße schließlich auch schlecht erhalten. Das konnte im allgemeinen nicht anders sein. Der Bau wurde im öffentlichen Wettbewerbe jenem Unternehmer überlassen, der die geringste Bauschsumme hierfür verlangte; um sein Wissen und Können, um seine technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit kümmerte man sich nicht; gewöhnlich überließ man ihm auch die ganze Ausarbeitung des Entwurfes. Nur für Brückenbauten und auch für größere Wasserbauten bediente man sich der Zimmer- und Maurermeister. Der Straßenbau erschien nur als ein Zusammenwerfen von Erde und Steinen, das keine besonderen Kenntnisse erforderte. Mit der sachlichen Überwachung des Baues war es noch schlechter bestellt; wem hätte man sie auch anvertrauen sollen? Bei der Wahl der leitenden Personen im Landes-, im Herrschafts- und Gemeindedienste waren ganz andere Eigenschaften als fachliches Wissen entscheidend. Es gab für die Güte eines Straßenbaues keine andere Gewähr, als die Redlichkeit des Unternehmers, die um so leichter ins Schwanken kam, als die schlecht besoldeten, in ihren Stellungen nicht gesicherten Beamten der Länder, Herrschaften und Gemeinden „klingenden" Versuchungen durch die Unternehmer nur zu leicht unterlagen. In manchen Gegenden waren allerdings besondere Leute — Wegemacher oder Einräumer — mit der Straßenerhaltung betraut; sie übernahmen auch häufig den Bau neuer Wege im Wettbewerbe und auf eigene Kosten und unterstanden nicht selten strengen Vorschriften für die Durchführung der Arbeiten; aber abhängig von der Bevölkerung, unter der sie leben mußten, waren sie nicht imstande, rücksichtslos einzuschreiten; zahlreiche Strafverfügungen wegen Beleidigung und Widerspenstigkeit gegen Wegemacher bekunden die schwierige Lage der Einräumer, die oft nicht einmal eine Wohnung erhalten konnten und von den Einheimischen wie Aussätzige behandelt wurden. Wohl gab es auch Ausnahmen von diesen Zuständen, namentlich dort, wo der Bestand einer guten Straße einem geschäftlichen Unternehmen zum Vorteile gereichte, wie es bei Berg- und Hüttenwerken, Stahlhämmern, Talmühlen der Fall war, oder wo es sich um Steigerung der Mauteinnahmen durch Abziehung des Fuhrwerks von anderen Wegen auf die eigene Straße handelte.

Als unter Karl VI. (1711—1740) die Straßenbautätigkeit einsetzte, waren die kaiserlichen Rechte in den einzelnen Ländern noch sehr bescheiden; eine geringe Zahl von kaiserlichen Beamten, die ihren Mittelpunkt in der „k. k. Repräsentationskammer" der einzelnen Länder fanden, reichte hin, sie auszuüben. An eine unmittelbare Betätigung des Staates beim Straßenbaue war nicht zu denken; der Staat mußte sich begnügen anzuregen, die Kräfte zusammenzufassen, den Arbeiten in den einzelnen Ländern eine einheitliche Richtung zu geben. So blieb auch zunächst bei Vergebung und Ausführung der Straßenbauten und der Straßenerhaltung alles beim alten. Nur in einzelnen Fällen gelang es dem staatlichen Einflusse die Anstellung von geprüften, „geschworenen" Landmessern bei den Ständen zu erwirken, denen auch das Straßenwesen zugeteilt wurde. Beim Bau der Alpenstraßen in den

südlichen Ländern legte man allerdings Wert auf die Heranziehung von mehr fachlich gebildeten Baumeistern, so wird z. B. als Erbauer der Straße von Fiume nach Karlsstadt (1725—1728) der Oberstleutnant und österreichische Landesoberingenieur Matth. Ant. Weiß genannt, von dem auch sachliche Berichte über die Straßenbauten von Porto Ré nach Brod an der Kulpa und von Triest über Görz nach Villach vorliegen.

Zu einer allmählichen einheitlichen Gestaltung der staatlichen Straßenverwaltung führte aber erst die Schaffung eigener „Wegkommissionen für den Bau und die Erhaltung der Staatsstraßen" in den einzelnen Ländern im Jahre 1737; es war ein neuer Schritt auf dem Wege zur Erhöhung der Macht des Staates gegenüber den Ländern, deren Einfluß auf das Straßenwesen nur allmählich beschränkt werden konnte. Diesen k. k. Wegkommissionen, die später in „k. k. Wegreparations-Oberdirektionen" umgetauft und kurzweg „Direktionen" genannt wurden, waren gewöhnlich ein Landmesser und mehrere Wegaufseher und Wegschaffer zugeteilt. Aber noch fehlte die zielbewußte und sachliche Behandlung; sie setzte erst mit dem Zeitpunkte ein, als in den ersten Regierungsjahren der Kaiserin Maria Theresia (1740—1780) die Neugestaltung der Reichsverwaltung zur Durchführung gelangte. Das Rückgrat dieser neuen Verwaltungsform bildeten die Kreisämter, die nach dem Vorbilde in Böhmen, wo sie schon bestanden, in allen Ländern geschaffen und den politischen Landesstellen, den ebenfalls in ihrem Aufbaue verbesserten „k. k. Repräsentationskammern" (von 1763 an Gubernien genannt) unmittelbar unterstellt wurden. Anfänglich nur für Armeezwecke bestimmt, erlangten diese Kreisämter bald einen ausgedehnten Wirkungskreis; neben Schul- und Kirchenangelegenheiten, neben Post- und Handelswesen kommt schließlich auch das Straßenwesen in den Kreis ihrer Berufspflichten, denn nach der Dienstanweisung für die Kreisämter oblag dem Kreishauptmanne als Vorstand auch die Fürsorge für die Herstellung und Erhaltung der Brücken, Stege und Straßen, für Verkehr und Handel überhaupt. Daß die Staatsstraßen der Hauptgegenstand seiner Verkehrsfürsorge sein mußten, ist selbstverständlich.

Im Zusammenhange mit dem Neubau der Kreisämter stand der Ersatz der Wegdirektionen durch Wegekommissionen im Jahre 1749 und die Übertragung der Straßenüberwachung an die Postmeister unter gleichzeitiger Aufhebung der Wegräumerposten. Das war eine Ersparungsmaßregel, der zum Teil ein guter Gedanke unterlag: Die Postmeister wurden durch den Zustand der Straße zunächst und empfindlich berührt; sie hatten auch in ihren Kutschern, die an dem Straßenzustand unmittelbar persönlich beteiligt waren, jedenfalls sehr willfährige Hilfskräfte; aber die Sache hatte den großen Haken, daß die Postmeister wohl in der Lage waren, zu berichten, aber nicht die Macht hatten, zu verbessern; es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn schon wenige Jahre später wieder die Anstellung von Wegräumern verfügt wird, die für die Güte der Fahrbahn verantwortlich zu sorgen hatten.

Für die Verwaltung des Weinzuschlags, der dem Straßenfonde zufiel, und der Straßenmauten wurden „k. k. Wegreparationsinspektionen" bestellt, zu deren Beamtenstande auch ein Ingenieur gehörte. Eigene Vorschriften regelten den Bau der Staatsstraßen, bestimmten Breite, Steigung, Krümmungshalbmesser, Wölbung, regelten die Vergebung der Brücken, Kanäle und Durchlässe im Ausschreibungswege an den Mindestbietenden und ordneten die Vorlage von Plänen an, die in den Bauabteilungen der Landesbuchhaltungen, aber nur vom Kostenstandpunkte aus, geprüft wurden. Anfangs unterstanden dem Kreishauptmanne ein Sekretär und

einige Kommissare; notwendigenfalls wurden Landesärzte und geschworene Landmesser zur Begutachtung berufen; in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts begegnen wir bei den Kreisämtern schon der Teilung der Arbeiten nach ihrer sachlichen Bedeutung, also auch schon staatlichen Ärzten und staatlichen Ingenieuren. Eine oberste Behörde für das Straßenwesen des ganzen Reiches bestand damals noch nicht; überhaupt gab es keine solche Stelle für die Bauangelegenheiten des Staates, denn das Hofbauamt war nur für die Hofgebäude zuständig.

Die Geldsorgen der Staatsregierung machten sich in der weiteren Entwicklung der Verwaltungseinrichtung, wenigstens soweit diese das Straßenwesen betraf, fühlbar. Unter ihrem Einflusse wurde die Straßenbauverwaltung, die mit der steten Zunahme der Ausgaben, mit der wachsenden Schwierigkeit der Erhöhung der Einnahmen und mit einer bis zur Abneigung gesteigerten Teilnahmslosigkeit der Bevölkerung zu ringen hatte, ein Feld ununterbrochener Versuche und Erprobungen; man tappte dabei ratlos im Dunkeln umher, griff dahin und dorthin, nur ein Ziel als leuchtenden Punkt im Auge: zu sparen, und doch das fortschreitende Schaffen nicht aufzugeben, und glaubte dieses Ziel durch eine ordnungsmäßige Regelung des Geschäftsverkehres zu erreichen. Es ist nicht möglich, aber auch belanglos, der zahlreichen Änderungen, die oft genug wieder auf das Alte zurückgriffen, um es schließlich wieder zu beseitigen, folgerichtig zu gedenken, weil dem ganzen Geschehen eben auch jede Folgerichtigkeit mangelte. Trefflich sagt Wesermann[1]:

„Seit den letzten 30 Jahren, als der Verfasser bestimmt war, unter drei Landeshoheiten das Technische des Straßenbaues zu betreiben, ist kein Administrationszweig in seiner Einrichtung so oft niedergerissen und anders wieder aufgebaut worden, als dieser. Bald sollte die französische, bald die bayrische, bald die preußische, bald eine neu erfundene Verfassung die beste sein, bald hielt man viele, bald wenige Beamte, bald die große, bald die kleine Entreeprise, bald die Wegegeldverpachtungen, bald die Administration derselben, bald ein hohes, bald ein geringes, bald gar kein Wegegeld dem Interesse des Staates oder dem Gedeihen der Sache angemessen, und wenn sich das Eine oder das Andere durch die Erfahrung nicht bewähren wollte, so fing man mit der Organisation wieder von vorne an.“

Diese Kennzeichnung der Verwaltungsentwicklung im Straßenbaue ist allerdings aus den mitteldeutschen Verhältnissen geschöpft und betrifft die Zeit um die Jahrhundertwende — aber sie gilt im vollen Umfange, sinngemäß genommen, auch für die Zeit, die wir hier im Auge haben, und für die Zustände in Österreich. Hier wurde eine ruhige Ausgestaltung allerdings auch durch die eigenartige Zusammensetzung des Reiches erschwert, bis zur Unmöglichkeit verhindert; hier hatte ja noch der Gesamtkörper gegen seine Glieder, der Staat — als solcher in der Person des Herrschers verkörpert — gegen die Macht der Länder zu kämpfen. Die Eigenbrödelei und der Eigennutz der Länder machten die einheitliche Ausgestaltung des Verwaltungswesens, das an den verschiedenen Wünschen und Bedürfnissen, aber auch an den aus Jahrhunderten herausgebildeten Verfassungseigenheiten der Länder nicht achtlos vorübergehen konnte, überhaupt sehr schwierig. So blieb sich denn auch die Straßenverwaltung nicht in allen Ländern gleich. Als bemerkenswertes Beispiel nenne ich Böhmen und Mähren, wo die im Jahre 1755 eingesetzte Wegkommission schon nach wenigen Jahren aufgehoben und das Straßenwesen dem Niederöster-

[1]) H. M. Wesermann, kgl. preuß. Reg.-Assessor, Oberinspektor des Brücken- und Straßenbaues zu Jena usw. „Der Kunststraßenbau“. Zur Beherzigung für Regierung und Volk. Hannover 1821.

reichischen Wegdirektor unterstellt wurde, mit der Begründung, daß „ein einzelner Mann mit der nötigen Wissenschaft und Erfahrung, welchem auch die erforderliche Zeit zur Nachsicht nicht fehle, die Leitung besser besorgen wird, als eine Kommission, deren Beisitzer auch anderweitig beschäftigt sind." Diesem Wegdirektor für Österreich, Böhmen und Mähren waren ein Oberingenieur und mehrere Unteringenieure zugeteilt. Im Jahre 1769 bestellte die Regierung, jedenfalls unter dem Drucke der Stände, die gegen diese Zusammenfassung ihrer Wegebauangelegenheiten mit jenen Österreichs immer wieder Einspruch erhoben, für Böhmen und Mähren wieder eigene Wegdirektoren. In den anderen Ländern des Reiches war es nicht anders.

Endlich aber fühlte man doch immermehr, in allen Kreisen, daß eine einheitliche Neugestaltung des staatlichen Straßenwesens dringend notwendig sei, damit es nicht vollständig Schiffbruch erleide. Die Bestrebungen gewinnen sicheren Boden mit dem Eintritt Kaiser Josefs als Mitregenten in die Regierung. Über seine Anregung wird im Jahre 1771 eine Hofkommission, wie solche für die Neugestaltung des Studienwesens und für Religionsfragen bestanden, auch für die Ausarbeitung von Vorschriften für Bau- und Erhaltung der Wege berufen und der damalige Vorstand des Wegemautwesens Johann von Geißler beauftragt, seine Vorschläge über die Neugestaltung des Straßenbauwesens, die er dem Kaiser jedenfalls gelegentlich mündlich vorgetragen hatte, in einer Denkschrift niederzulegen[1]). Diese Denkschrift, die in den ersten Tagen des Jahres 1771 durch die böhmisch-österreichische Hofkanzlei als oberste Behörde für die böhmischen und österreichischen Länder dem Kaiser unterbreitet wurde, legt in Umrissen die Grundsätze und Regeln fest, die bei der Neugestaltung des Straßenwesens sowohl bei Anlage und Erbauung, als auch bei Erhaltung und Nachbesserung der „Kommerzialstraßen" zu befolgen wären und empfiehlt die Ernennung eines Generaldirektors der Wege, der diese Neuerungen einzuführen und ihre genaue Befolgung zu überwachen hätte. Die Hofkanzlei erkannte die Güte der Vorschläge an, die — wie sie bemerkt — durch die mährische Wegkommission seinerzeit eingeführt worden sind und bisher erfolgreiche Anwendung gefunden haben, spricht sich aber gegen die Schaffung der Generaldirektorstelle aus, beantragt vielmehr Geißler mit der Führung der Wegdirektion auf vorläufig ein Jahr zu betrauen, und von ihm die eingehende Ausarbeitung seiner Gedanken und den genauen Nachweis der wirtschaftlichen Wirkung ihrer etwaigen Durchführung zu verlangen. Der Antrag der Hofkanzlei fand die Zustimmung des Kaisers. Schon nach wenigen Monaten legte Geißler seine Ausarbeitungen vor, die in zwei dicken Bänden eine umständliche und weitschweifige Zergliederung seiner Vorschläge und eine nicht minder umständliche und weitschweifige Dienstanweisung für die Hilfskräfte der Wegdirektionen, die Amtsrevisoren, Ingrossisten, Kalkulatoren, Registranten usw. enthielten. Der Antrag wurde genehmigt. Die Akten des österreichischen Staatsarchivs bieten aber keine Möglichkeit, die weitere Entwicklung der Angelegenheit zu verfolgen. D'Elvert berichtet in seiner Geschichte der Verkehrsanstalten in Mähren und österr. Schlesien (Brünn 1855), daß der mährische Straßenbaumeister Groß im Jahre 1771 nach Wien berufen worden sei und hier eine Straßenbauordnung entworfen habe, die in allen Ländern des Reiches zur Einführung gelangte; sie habe sich durch Wohlfeilheit und Zweckmäßigkeit ausgezeichnet. Wahrscheinlich liegt hier eine Namens- oder Personenverwechslung vor und deckt sich diese Sache mit unseren obigen aktenmäßigen Mitteilungen.

[1]) Aktenmäßige Mitteilungen des deutsch-österreichischen Staatsamtes für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten.

Jedenfalls war die Neugestaltung des Straßenbauwesens nach Geißlers Gedanken nicht von langem Bestande. Kaiser Josef griff sehr bald wieder rasch und entschieden ein, diesmal im Zusammenhange mit der Regelung des gesamten staatlichen Bauwesens. Ich muß deshalb hier auf diese Regelung eingehen. Ich verdanke die mir als Grundlage dienenden Aktenauszüge dem Baurate des deutschösterreichischen Staatsamtes für Handel und Gewerbe, Industrie und Bauten, Ingenieurs K. Breitenfelder, der mir eine umfangreiche, auf amtlichen Schriftstücken fußende Zusammenstellung über „die Vorgeschichte und Geschichte der Organisation und Reorganisation des Hofbaurates (bis 1843)" zur Einsicht und Benutzung für diese Geschichtsarbeit überließ.

Wie erwähnt, bestand auch unter Maria Theresia noch keine oberste Behörde für die staatlichen Bauangelegenheiten, die bei der raschen Zunahme der staatlichen Tätigkeit in den Ländern immer größere Ausdehnungen annahmen. Zur Schaffung einer solchen Stelle ging nun im Jahre 1783 die Anregung von Kaiser Josef II., vielleicht ursprünglich auch vom Staatsrate aus und zwar aus Anlaß eines besonderen Falles. Nach Anhörung der vereinigten böhmisch-mährischen Hofkanzlei, in deren Amtsbereich alle Fragen dieser Art fielen, wurde die Errichtung einer General-Oberbaudirektion für alle Länder des Reiches, die über alle wichtigen Bauten, über alle Kameral- und öffentlichen Gebäude, auch die Hofgebäude, zu entscheiden hatte, angeordnet; nur Bergbau gehörte nicht in ihren Wirkungskreis. Zum Vorsitzenden ernannte der Kaiser den Hofbaudirektor Grafen Kaunitz, dem drei Berichterstatter („Assessoren") zugeteilt wurden und zwar Oberst Baron Struppi, damals Baudirektor im Littorale (Küstenland), Oberst Brequin und Hofarchitekt Hillebrand. Für die rechnerische Überprüfung bestand bei der General-Oberbaudirektion eine eigene Rechnungsabteilung („Rechnungskonfektion"); der in ihrem Beamtenstande verminderten Hofbuchhaltung verblieb die Prüfung der Bauabrechnungen. Bei der lebhaften Bautätigkeit, die unter Kaiser Josef und durch seine triebhafte Kraft im ganzen Reiche einsetzte, erwies sich sehr bald der Arbeitsbereich der General-Oberbaudirektion als viel zu weit gezogen, und man entlastete sie daher schon im Jahre 1786 von der Behandlung der Ausbesserungen, die den Landesstellen überlassen wurde; gleichzeitig aber führten die Hofstellen eingehende Beratungen über eine Neuregelung der gesamten Bauverwaltung. Das Ergebnis dieser an Vorschlägen reichen Verhandlungen war die Auflösung der Generaloberbaudirektion und die Überleitung ihrer Geschäfte an die Hofbuchhaltung, also die Rückkehr zu der früheren Gestaltung, allerdings mit einigen nicht unwesentlichen grundsätzlichen Abänderungen, die das rein fachliche scharf von dem ausschließlich rechnerischen der Überprüfungstätigkeit schieden. Drei fachlich geeignete Assessoren der Hofbuchhaltung hatten die einlaufenden Pläne auf ihre sach- und kunstgemäße Verfassung zu prüfen, während die Rechnungsbeamten sich nur mit der Prüfung der Kostenanschläge zu befassen hatten. Über das Ergebnis der bautechnischen Prüfung, also über das „Wie" der Ausführung eines Baues hatte ein Hofreferent — als erster dieses Amtes wurde Baron Struppi berufen — Bericht zu erstatten; stimmte die Hofbuchhaltung der Ausführung des Baues vom Geldstandpunkte aus zu, so erschien der Bau genehmigt; andernfalls war die Angelegenheit dem Kaiser zur Entscheidung zu unterbreiten, der sie in der Regel vor den Staatsrat brachte. Gleichzeitig mit dieser Umgestaltung der obersten Baubehörde (im Jahre 1787) in eine Bauabteilung der Hofbuchhaltung wurde auch bei den „Provinzialbuchhaltungen" eine ähnliche Einführung getroffen; es wurde bestimmt, daß in den größeren Ländern: Böhmen,

Mähren, Niederösterreich und Ungarn je zwei Sachverständige, in den übrigen Ländern je ein solcher den Buchhaltungen zugeteilt werden; die Anträge dieser Fachleute unterlagen der Genehmigung der Buchhaltungen. In jedem Lande wurde eine Baudirektion errichtet, der neben allen öffentlichen Land- und Wasserbauten auch der Neubau von Straßen unterstellt war[1]).

Bezüglich der Straßenerhaltung war eine tiefgreifende Veränderung in der Verwaltungsweise schon im Jahre 1782 in allen Erbländern, mit Ausnahme von Görz und Triest erfolgt, indem die Erhaltungsarbeiten aller chausseemäßig zu erhaltenden Straßen verpachtet wurde. Diese „Straßenpachtungen", die — wie es scheint — der persönlichen Anregung des Kaisers entsprangen, sollten durch weitgehende Ersparnisse die Möglichkeit zur Fortführung der von dem Kaiser eingeleiteten lebhaften Straßenbautätigkeit bieten. Mit der Einführung der Straßenpachtung wurden alle bei der „Straßenkonservation" tätigen Angestellten, mit deren Leistungen der Kaiser sehr unzufrieden war, entlassen. Der Kaiser hoffte, daß hauptsächlich Dominien, Städte, Wirtsleute und Postmeister sich um die Straßenpachtung bewerben, daß diese Pächter schon um der „Förderung ihres Partikularvorteiles" willen die ihnen zu Gebote stehenden Mittel zum Vorteile des Straßenzustandes ausnutzen, und daß so die trostlosen Verhältnisse bei der Erhaltung der Reichsstraßen endlich verschwinden würden. Der Kaiser scheint aber die schwache Seite dieser Erhaltungsweise gefühlt und die Notwendigkeit strenger Aufsicht als Voraussetzung eines Erfolges erkannt zu haben, denn er rief ein „Straßenbau-Geniewesen" mit einem Landesingenieur ins Leben. Da Kaiser Josef sich auch mit dem Plane trug, das gesamte Straßenwesen dem Hofkriegsrate zu unterstellen, den Bau neuer Straßen dem „Fortifikatorium" zuzuweisen und den Kreisämtern militärische Mitwirkung für die Aufsicht über die nur landartig — also nicht chausseemäßig — zu erhaltenden zu sichern, so handelt es sich bei der Festsetzung der militärischen Aufsicht über die Straßenerhaltung vielleicht um die Verwirklichung eines höheren Gedankens, als den eines wirkungsvolleren Ersatzes der unzureichenden, unerlässigen Arbeit schlecht besoldeter und daher auch lässiger und bestechlicher Beamten. Dieser Schritt ist das erste Aufdämmern der Erkenntnis von der großen Bedeutung eines gut angelegten und gut erhaltenen Straßennetzes nicht allein für die Nährkraft, sondern auch für die Wehrkraft des Reiches, also eine teilweise Rückkehr zu den Grundsätzen des altrömischen Straßenbaues.

Allerdings sollte Kaiser Josef selbst noch die Verderblichkeit der Straßenverpachtung erkennen; schon bei seiner Rückkehr aus Italien im Jahre 1785 sah er allenthalben üble Folgen dieser Erhaltungsweise; man war bei der Verpachtung in leichtsinniger Weise vorgegangen, hatte sich um die Eignung der Bewerber nicht gekümmert; viele Pächter konnten weder lesen noch schreiben; der schlechteste Baustoff schien für die Straßenerhaltung noch gut genug; kleinere Mängel wurden überhaupt nicht behoben; gerichtliche Verfahren erwiesen sich als erfolglos, weil die Pächter kein Geld hatten und spurlos verschwanden, wenn sie zahlen sollten; auch die militärische Aufsicht scheint die Erwartungen, die der Kaiser in sie setzte, nicht erfüllt zu haben. Es war eine der ersten Regierungshandlungen seines Nachfolgers Leopold II. (1790 bis 1792) die als schädlich anerkannten Straßenpachtungen aufzuheben (1792), und die Erhaltung der Reichsstraßen wieder den Baudirektionen zu übertragen, bei denen — im Jahre 1793 — eigene Abteilungen, die „Wegedirektio-

[1]) Hofdekret vom 5. Mai 1788.

nen", für Bau- und Erhaltung der Straßen gegründet wurden; sie verwalteten in selbständiger Weise die ganzen Beamten- und Arbeiterangelegenheiten ihres Wirkungskreises, blieben aber den Baudirektionen untergeordnet; so hatten z. B. Mähren und Schlesien gemeinsam eine Baudirektion mit einem Baudirektor, einem Wegedirektor und zwei Ingenieuren, Böhmen hatte eine eigene Landeswegedirektion usw.

Es kann nicht überraschen, daß alle Bestrebungen Maria Theresias und ihres Sohnes, dem Straßenelende ein Ende zu machen, erfolglos blieben, daß dieses vielmehr mit der Erweiterung des Straßennetzes und mit der Zunahme des Verkehrs noch anwuchs und noch empfindlicher wurde. Die Bestrebungen konnten nur mit einem Mißerfolge enden, weil alle Maßnahmen nur auf die Form, nicht aber auf den Inhalt gerichtet waren. In dem Irrtum fortschreitend, daß der rangsordnungsmäßige Lauf der Akten von unten nach oben und wieder zurück, daß die Aufeinanderfolge der Räder des Staatsbetriebes allein zum Ziele eines geordneten Straßenhaushaltes ohne Beeinträchtigung der Straßengüte führen könne, übersah man vollständig, daß ein viel größerer, ja der entscheidende Wert dem Inhalte der Akte, dem zweckmäßigen, sachlich begründeten Bau der Räder zukommt. Und gerade hier fehlte es; es fehlte an fachlich geschulten, gewissenhaften geistigen Arbeitern ebenso wie an tüchtigen, willigen Handarbeitern.

Von einer tieferen fachlichen Ausbildung der beim Straßenwesen technisch Beschäftigten war keine Rede, weder zu Beginn noch zu Ende des Jahrhunderts. Die Fachschriftsteller zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts schildern die traurigen Verhältnisse, wie sie in den ersten Regierungsjahren des Kaisers Franz (1792 bis 1835) bestanden; daß sie ein Jahrhundert früher nicht besser waren, ist bei ihrer Art und ihren Ursachen selbstverständlich. Zu dem Mangel beruflicher Ausbildung gesellte sich die geringe Wertung technischer Arbeit überhaupt. Beides zusammen erklärt den gesellschaftlichen Tiefstand der Techniker mit allen seinen nachteiligen Folgen für den Staatsbaudienst und das gesamte Staatsbauwesen. Aber auch hier möchte ich wieder wie schon bei anderem Anlasse bemerken, daß die Zustände in Deutschland im allgemeinen nicht bessere waren als in Österreich. Die Klagen der Fachleute aus deutschen Landen jenseits der österreichischen Grenzen, eines Wiebeking, Pechmann, Wesermann, Lüder, Arnd, Eickemeyer, Krüger, Fick, Justi, beweisen, daß es im ganzen weiten Deutschen Reiche mit der Straßenbautechnik und den Straßenbautechnikern so ziemlich gleich schlecht stand. Die Lage der technischen Beamten war geradezu trostlos. In Rang und Bezahlung gegenüber den anderen Staatsbeamten zurückgesetzt, litten sie auch unter dem trüben Ausblick für die Zeit ihrer Arbeitsunfähigkeit. Der Baudirektor gehörte mit dem Regierungsrat in die VIII., der Kreisingenieur mit dem Ingrossisten der Hofbuchhaltung, dem Expeditor beim Lottogefälle und den Wegemaut-Obereinnehmern in die X. Klasse der Zehrungskosteneinteilung. Der Kreishauptmann, in die V. Klasse eingereiht, durfte die Fuhrkosten für 4 Pferde verrechnen, dem Baudirektor waren gleichwie dem Bauschreiber nur zwei Pferde zugestanden; im Jahre 1784 bezog der mährische Baudirektor 600 Gulden, der Ingenieur 400 Gulden und der Revident 300 Gulden Jahresgehalt. Für das Alter war nicht vorgesorgt. Die Regierung meinte schon sehr viel zu tun, als sie im Jahre 1804 verfügte, daß die Straßenbaubeamten, auch solche höherer Rangklassen, wenn sie alt und kränklich geworden, bei den Wegunterämtern Verwendung finden sollen! Unter solchen Umständen widmeten sich nur wenige junge Männer aus den sogenannten bessern Gesellschaftskreisen dem Baudienste, so daß die unteren Beamtenstellen, die weder Gelder noch Ehren

eintrugen, immer wieder mit Leuten besetzt werden mußten, denen auch eine angemessene allgemeine Bildung fehlte. Denn auch mit der einfachen Volksschulbildung war es im ganzen Jahrhunderte schlecht bestellt. Das Volksschulwesen war bis zum Jahre 1774 den Ländern und Städten frei überlassen; neben Religion als Hauptgegenstand wurden nur Lesen, Schreiben und Rechnen zumeist recht mangelhaft gelehrt; die „allgemeine Schulordnung für sämtliche kaiserl. königl. Erbländer" des Jahres 1774, das erste Reichs-Volksschulgesetz verfügte die Errichtung von Normalschulen in den Provinzhauptstädten, von Hauptschulen in den größern Städten und in Klöstern, von Trivialschulen in kleineren Städten und Märkten und auf dem Lande; im Lehrplane der Normalschulen finden sich wohl auch die „Anfangsgründe der Feldmeß- und Baukunst, Mechanik, Zeichnen mit dem Zirkel und Lineal sowohl als aus freier Hånd" — auch in Hauptschulen sollte von diesen Gegenständen „soviel der Jugend beigebracht werden, als nach der Zahl und Fähigkeit der Lehrer und nach der Zeit, die sie zum Unterricht haben, nur immer tunlich ist" — aber der Normalschulen und solcher Hauptschulen gab es nur wenige und der Erfolg dieses Lehrplanes, der übrigens nicht zur vollen Einführung kam, fiel auch erst in eine Zeit, die wir augenblicklich hier nicht betrachten. Soweit Handwerker technischer Richtung, wie Zimmerleute, Maurer, Tischler im Straßenbau Verwendung fanden, konnte dieser immerhin noch einigen Nutzen aus ihrer Arbeit ziehen; aber es gingen auch Leute, deren Handwerk mit Technik keine Fühlung hatte oder die überhaupt kein Handwerk erlernt hatten, zum Staatsbaudienste und rückten hier wie jene, je nach persönlicher Eignung oder nach der Gunst einflußnehmender Persönlichkeiten von Stelle zu Stelle vor, vom Baudiener und Bauschreiber, Meßknecht und Figuranten bis zum Kreisingenieur und Bauinspektor[1]).

Der Schwerpunkt der Ausbildung für den Dienst lag im Dienste selbst. Wer das Glück hatte, einen Vorgesetzten zu finden, der sich seiner Fortbildung annahm, der ihn in allen Zweigen des Bauwesens arbeiten ließ, in der Schreibstube und im Freien, und wer dabei selbst zu lernen und sich zu betätigen bemüht war, der machte eben seinen Weg, auch wenn er all sein Wissen nur in der einfachen Landschule erworben hatte.

Die leitenden Stellen im Staatsdienste, die sich größeren Ansehens erfreuten, galten als Versorgungsplätze der Adeligen; auch der Baudienst zählte manchen Angehörigen dieses Standes, freilich meist solche, die bei der Wahl des Berufes mehr der Not als dem eigenen Triebe folgten und bei dem juridischen Fache wenig Hoffnung auf raschen Aufstieg hatten. Häufig werden Offiziere als Straßenbauleiter genannt, namentlich im ersten Halbjahrhundert des staatlichen Straßenbaues. In dieser Zeit waren ja auch Ingenieure und Kriegsbaumeister gleichbedeutend; in den Bereich der Ingenieurwissenschaften gehörten Festungs- und Schanzenbau; Straßenbau wird nicht als Unterrichtsfach genannt. Die Zahl der Ingenieurschulen, auch in diesem Sinne allein genommen, war gering; in den Jesuitenschulen für Adelige lehrte man wohl die Ingenieurwissenschaft als „Kriegsbaukunst" schon im 17. Jahrhundert; auch die ständische Akademie zu Olmütz hatte unter den Lehrern einen Ingenieur, der in Rang und Gehalt dem ständischen Tanzmeister gleichgestellt war. Karl VI., der den Mangel an einheimischen Fachleuten für den Staatsbaudienst wiederholt beklagte, errichtete im Jahre 1717 in Brüssel und in Wien Kriegsbaukunst-

[1]) Birk, Alois von Negrelli, I. Bd.

schulen, in denen Militärbaukunst, Arithmetik, Geometrie, Statik und Mechanik unterrichtet wurden; selbst ein Freund der Mathematik und Geometrie rief er auch die mathematisch-geometrische Akademie in Neukirchen (Oberschlesien) ins Leben; die in ihr ausgebildeten Geometer führten die Vermessungen im Mailändischen, in Böhmen, Mähren und Schlesien durch und fanden als technische Beamte, wohl auch in Straßenfragen, bei den Landes- und Staatsbehörden Verwendung[1]). In Prag bestand seit 1717 eine von den böhmischen Ständen über Bitten und Drängen des landschaftlichen Ingenieurs Willenberg errichtete „Ingenieur-Professur"; der Lehrplan umfaßte Mathematik, Mechanik und die „Zivil- und Militärbaukunst". Im Jahre 1787 wurde diese Professur der philosophischen Fakultät der Universität einverleibt und die Unterrichtsdauer an dieser Lehrkanzel auf drei Jahre festgesetzt. Viele junge Leute erwarben sich die für den Staatsbaudienst notwendigen Kenntnisse in der Mathematik und ihrer Anwendung im Hausunterrichte bei Zivilingenieuren, bei landschaftlichen und staatlichen Ingenieuren. So manchem aber, dem die Geldmittel hierzu fehlten, stand kein anderer Weg offen, als zu Baumeistern oder Maurermeistern in die Lehre zu gehen, und hier durch Fleiß und Aufmerksamkeit sich so weit auszubilden, daß er um die Aufnahme in den Staatsbaudienst auf Grund seiner Zeugnisse und Arbeiten ansuchen konnte; Prüfungen scheinen im allgemeinen nicht stattgefunden zu haben. Kennzeichnend für alle diese Verhältnisse ist der Lebenslauf des jungen Strobach, des späteren Oberbaudirektors von Böhmen, den er selbst in seinem Tagebuch sehr ausführlich beschreibt[1]). Ich verweise auf dieses, von Ing. Dr. Hugo Fuchs über meine Anregung veröffentlichte Tagebuch[2]).

Es wurden schon die traurigen Geldverhältnisse erwähnt, unter denen die Staatsbeamten und ihr Dienst zu leiden hatten. Der Beamte war auf „Nebenverdienst" angewiesen. Die Bautechniker konnten ihn in vielen Fällen finden; sie arbeiteten für Zivilingenieure, für Baumeister, Bauunternehmer, auch für Bürger und Bauern Pläne aus, überwachten Neubauten und Ausbesserungen und waren so in der Lage, sich ohne Hintansetzung ihrer dienstlichen Obliegenheiten bei großem Fleiße und großer Geschicklichkeit einen wertvollen Beitrag zum Gehalte zu erwerben. So manchem Beamten war es freilich bequemer, weniger zu arbeiten und lieber beide Augen zuzudrücken, wenn Verordnungen und Erlässe seitens Wohlhabender nicht befolgt wurden, wenn sich die Herrschaftsbeamten und die Gemeindegewaltigen außer und über das Gesetz stellten, es trug doch ein schönes „Taschengeld" oder wertvolle Lebensmittel ein. Die Regierung, namentlich jene Kaiser Josefs, schritt leider vergebens gegen die Feilheit der Beamten ein, der nur durch eine bessere und gesicherte Stellung der Beamten, nicht aber durch Drohungen und Strafen ein Riegel vorgeschoben werden konnte; aber für diesen einzigen erfolgreichen Weg fehlten der Regierung die Geldmittel, und so war es um das Ende des Jahrhunderts eher schlechter mit der Rechtlichkeit der Beamten bestellt, als zu seinem Beginn. Die Bauausführung wurde — wie ich schon bemerkt habe — gewöhnlich gegen eine Bauschsumme an Unternehmer übertragen, die meistens den Handwerkerkreisen angehörten. Trotz der vielen ungünstigen Erfahrungen hielt man an diesem Vorgange fest, weil er für die ausschreibenden und vergebenden Beamten sehr bequem war. „Die Franzosen — sagt der nicht genannte humorreiche Verfasser eines Straßen-

[1]) P. v. Radics, Kaiser Karl VI. als Staats- und Volkswirt. Innsbruck 1886.
[2]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 4, S. 196 f.

baubüchleins aus dem Jahre 1786[1]) — nennen das Verfahren au rabais, was soviel sagen will, als alle Pfuscher und Lumpen werden hiermit öffentlich eingeladen, das auszuführende Werk nach Kräften verderben zu helfen." Auch andere und so namhafte Fachleute wie Wiebeking tadeln diese damals bei Straßenbauten einzig übliche Vergebungsweise, die es dem Unternehmer ermöglichte, einzelne Arbeiten beliebigen Personen ohne Rücksicht auf ihre fachliche und geldliche Leistungsfähigkeit weiterzugeben, die den beaufsichtigenden Beamten keine Möglichkeit bot, bei schlechter Arbeit einzuschreiten, weil der Unternehmer Herr auf dem Bauplatze war, die auch vielfach zur Ausbeutung der Robot leistenden Bevölkerung Anlaß gab und die schließlich auch im besonderen Maße geeignet war, die notleidende Beamtenschaft gegenüber ungehörigen Taten der Unternehmer blind zu machen.

Übrigens blieb die geringe meist ungenügende fachliche Vorbildung des Staatsingenieurs auch auf seine Stellung gegenüber dem Bauunternehmer nicht ohne Einfluß; es fehlte ihm der feste sichere Standpunkt, von dem aus er die Arbeiten beurteilen konnte, es fehlte ihm das wissenschaftliche Rüstzeug, um der handwerksmäßigen Fertigkeit des Unternehmers und ihrer Verwertung zu nicht immer berechtigtem Nutzen Trotz zu bieten. Sehr richtig sagt Schemerl[2]): „Nur meistens durch Zufälle werden Zivilingenieure gebildet. Bei diesen Umständen ermangelt notwendig der Gemeingeist, der zur guten Leistung jedes großen Geschäftes notwendig ist, es ermangelt ein festes System, nach welchem bei Ausführung wichtiger Baulichkeiten zu Werke gegangen werden soll; es ermangelt Ordnung und Gleichheit in der Manipulation und bei der Behandlung der Geschäfte, weil jeder das, was er auf eigene Art erlernt oder erfahren hat, für zweckmäßig hält und darnach handelt . . ." Auch Busch beklagt es in seinem Lehrbuche über Wasserbaukunst[3]), daß so viele Ingenieure nur durch zufällige Veranlassungen zu Fachkenntnissen gelangen, von einem Geschäfte zum anderen schreiten, von Rang zu Rang emporsteigen und schließlich vor Aufgaben gestellt werden, für die sie in keinerlei Weise vorbereitet sind.

Auch die Überbürdung der Beamten mit Geschäften und mit Erlässen zeitigte viel ungünstige Erscheinungen im Bauwesen. Die Anschauung, daß es Pflicht des Staates und Aufgabe seiner Lenker sei, sich auch in die kleinsten Kleinigkeiten der Verwaltung, selbst in das Einzel- und in das Familienleben seiner Untertanen einzumengen, es gleichsam zum Vorteile des Einzelnen wie der Gessamtheit zu regeln, führte zu einer solchen Flut von Aufträgen, Ausstellungen, Geldstrafen, Korrektionen, Eintragungen in Register aller Art, Kommissionen, Kontrollen, daß kein Beamter und noch weniger der Laie, der sie beachten sollte, sich von ihnen Rechenschaft geben, und daß kein Beamter sie vorschriftsgemäß befolgen konnte. Um so leichter war es, über Vorschriften hinwegzugehen, wenn es Vorteil bot für den Beamten und für den Untertan, für den sie galten. Die Vielschreiberei hatte gute Zeiten; sie griff wie ein Feuerbrand um sich; jede Verfügung mußte der höheren Behörde gegenüber schriftlich begründet, über jede Anordnung mußte ihr schriftlich berichtet werden und zwar bis hinauf an die höchste Stelle im Saate[4])! Man muß

[1]) Aus Erfahrungen gesammelter, theoretisch praktischer Unterricht in dem Straßen- und Brückenbau. Mit 9 Kupfertafeln. Zweibrücken, Gebrüder Hahn, 1786.

[2]) Ausführliche Anweisung zur Entwerfung, Erbauung und Erhaltung dauerhafter und bequemer Straßen". Wien 1807.

[3]) Hamburg 1796.

[4]) Beidtel, Geschichte der österreichischen Staatsverwaltung. I. Bd. 1896.

sich nur wundern, daß manche Kreisämter überhaupt noch Zeit für Wohlfahrtseinrichtungen, Wegeanlagen, Dorfumstaltungen u. dgl. fanden, aber man kann sich nicht wundern, daß im allgemeinen die Straßenbaupflege arg darniederlag.

Von großem Nachteil war auch die Verschiedenheit der gesetzlichen Bestimmungen über Straßenbau und Straßenpflege in den einzelnen Ländern. Erst in den siebziger Jahren erließ die Regierung „Straßenpatente" für die Länder, die die bestehenden Verordnungen zusammenfaßten und zu vereinheitlichen suchten; sie unterschieden sich vornehmlich nur in dem Ausmaße der Geldstrafen oder in Fällen notwendiger Rücksichtnahme auf besondere örtliche Verhältnisse. Wegweisend für die Verfassung aller dieser Patente, die in erster Linie der „Beförderung des guten Straßenstandes" dienen sollten, ohne welche „die gemeinnützige Absicht der Regierung auf gute und bequeme Ausgestaltung der bestehenden Reichsstraßen undurchführbar erscheine", waren die schon in den Jahren 1776 und 1778 ausgegebenen Patente für die Herzogtümer Steiermark und Krain. Wenn man mit Patenten und Verordnungen Straßen gut bauen und erhalten könnte, müßten die Straßen Österreichs an der Wende des Jahrhunderts wahrlich die besten gewesen sein, die man sich denken kann, aber leider bestanden Hindernisse, das zu verwirklichen, was in ihnen niedergelegt war.

Zu diesen Hindernissen, von denen wir bereits mehrere kennengelernt haben, gehörte auch die schon erwähnte Unzulänglichkeit der Arbeitskräfte, die im Straßenwesen zur Verfügung standen. Es war ein aus der ältesten Zeit der Staatenbildung überlieferter Grundsatz, daß die Anrainer eines Weges bis auf eine gewisse Entfernung von ihm zu seinem Bau und seiner Erhaltung beizutragen verpflichtet sind; die Beiträge bestanden in Handarbeit und Zugarbeit und in der Beistellung von Baustoffen, waren also rein persönlicher Art. Die Herrschaften entsprachen der Verpflichtung, indem sie die auf ihren Gütern wohnenden Bauern, die ihnen zu gesetzlich bestimmten Leistungen (Hand- und Zugrobot) verpflichtet waren, in dem ihnen vorgeschriebenen Maße zu den Straßenarbeiten verwendeten, also Leistungen, die ihren Ländereien zugute kommen sollten, dem Wegebau zukommen ließen; die Gemeinden bedienten sich zu den Straßenarbeiten der Zuchthäusler, Vagabunden und Bettler, wohl auch der reisenden Handwerksburschen, die sich auf solche Weise den Unterhalt in der Gemeinde verdienen mußten; die freien Bauern, die eigenes Land besaßen, beteiligten sich persönlich und durch ihr Gesinde an der Herstellung der Wege, wie sie auch in Kriegszeiten zu Vorspannfuhren und anderen Leistungen für das „öffentliche Wohl" verpflichtet waren. Diese Einrichtung, durch Jahrhunderte her eingelebt und als Selbstverständlichkeit im öffentlichen Leben angesehen, wurde nun auch ohne weiteres in das staatliche Straßenwesen übernommen; hier machten sich bald ihre Nachteile, die im Straßenwesen der Länder und Gemeinden weniger fühlbar gewesen waren, empfindlicher bemerkbar, denn sie stand nun unter ganz anders gestalteten Einflüssen. Der Gemeindeweg, der Herrschaftsweg, selbst der Verbindungsweg größerer Städte lief unmittelbar an dem Wirtschaftshofe, am Feld oder an der Wiese des Bauern vorüber oder führte doch nahe an ihn heran; der Gang zur Straßenarbeit nahm für den Bauer kaum mehr Zeit in Anspruch als der Gang zu seinem Acker. Und dabei zog er doch häufig aus der Güte des Weges noch Vorteil für sich. Anders war es in vielen Fällen bei der Arbeit an der Reichsstraße. Sie lag oft weitab von der Bauernhütte, von dem robotpflichtigen Dorfe; es kam vor, daß die Bauern einen Tagemarsch zur Arbeitsstelle brauchten, an der sie einen Tag Frondienste leisten mußten. Und die Straße bot ihnen wenig Nutzen, ihr guter Bau, ihre sorgfältige Erhaltung beeinträchtigten eher das Erträgnis des

Handwerkers, schädigten das meist unbeschlagene Zugtier des Bauern, das auf der harten Straße nicht zu gehen gewohnt war. Als im Jahre 1778 durch ein Patent der sogenannte ungemessene Robot, der zu jeder Zeit und zu jeder Arbeit verpflichtete, aufgehoben und als gleichzeitig bestimmt wurde, daß die Grundherrschaften nicht mehr als drei Wochentage Robot zu fordern berechtigt seien, da murrten auch die Grundbesitzer über die Straßenarbeit, die den Bauer der Feldarbeit entzog. So gab es Unzufriedenheit auf allen Seiten, was nicht gut für die Beschaffenheit der Arbeit war. Wenn man nun bedenkt, daß der Zeitpunkt der Fronarbeit für die Straßen nur von den Feldarbeiten, keineswegs aber von den für die Straßenarbeiten geeigneten Witterungsumständen abhängig war, daß weiter die Arbeit der entkräfteten Bettler, der arbeitsunlustigen Vagabunden, der schlecht genährten Zuchthäusler hinsichtlich Güte und Menge weit hinter der Leistung eines freiwilligen, bezahlten Arbeiters zurückblieb, so versteht man, daß trotz ununterbrochenen Arbeitens auf den Straßen und trotz bedeutenden Geldaufwandes der Zustand der Straßen doch viel zu wünschen übrig ließ. Man begreift auch, daß schon verhältnismäßig frühzeitig die Erkenntnis dieser Mängel sich Bahn brach und die Regierung Abhilfe suchte. Schon im Jahre 1755 bemühte sie sich, eine Ablösung der Robote durchzuführen; als Tagesgrundgebühr galt für Orte bis auf zwei Meilen Entfernung von der Straße ein Gulden für Zugrobote, acht Kreuzer für Fußrobote und für Orte über zwei Meilen Entfernung 2 Gulden 28 Kreuzer. Die Anregung begegnete vielfachen Widersprüchen und drang nicht allgemein durch. In Nieder- und Oberösterreich beschwerten sich die Landleute über die Steuerlast mehr, als über die Fronarbeiten, die bei der Straßenerhaltung nicht groß waren; in Mähren wurde die Straßenrobot im Jahre 1776 aufgehoben; auch in Tirol verstand man sich zur Ablösung des Straßenrobots. Dabei scheint nun aber doch der Fehler begangen worden zu sein, daß die Steuer zu gering bemessen wurde und bei der Höhe des Fuhr- und Taglohnes keinen ausreichenden Ersatz gewährte. So konnte mit dem einlaufenden Steuergelde die regelrechte Erhaltung nicht bestritten werden und Wiebeking durfte in seiner „Theoretisch-praktischen Straßenbaukunde"[1]) die Behauptung aufstellen, daß „die Straßen überall in Verfall geraten sind, wo man die unentgeltliche Naturalkonkurrenz aufgehoben hat." Man ist auch tatsächlich in allen Ländern Österreichs wieder zur Straßenrobot zurückgekehrt, Kaiser Josef hat besonders in Galizien lange Straßenstrecken mit ihrer Hilfe gebaut. Und hier zeigte sich nun auch eine andere günstige Seite der Fronarbeit: ihre Billigkeit. Groß' Straßen kosteten in Galizien durchschnittlich zwei Gulden 11 Kreuzer Konvent.-Münze, in Österreich 5 Gulden Konv.-Münze; dort war Frondienst und der Tagelohn betrug 8 Kreuzer, der tägliche Fuhrlohn 24 Kreuzer, hier aber gab es damals — vorübergehend — keine Straßenfrondienste[2]). Kaiser Josef versuchte, die Nachteile der Straßenrobotarbeit bei der Erhaltung der Straßen zu mildern, indem er im Jahre 1784 verfügte, daß der Landmann ernstlich zur Straßenarbeit und zwar nicht an einzelnen Tagen, sondern solange es notwendig ist, anzuhalten sei; zweifellos hatte die Erkenntnis der Mangelhaftigkeit der Robotarbeit ihn auch veranlaßt, die Straßenerhaltung zu verpachten; aber schließlich erwies sich jene doch noch als das kleinere Übel. Die wichtige Frage der Straßenrobote ging ungelöst in das neue Jahrhundert hinüber — wie wir gesehen haben, mit vielen anderen bedeutsamen Fragen des Straßenbaues.

[1]) Salzbach 1808.

[2]) Weiss Franz, Lehrbuch der Baukunst zum Gebrauche der k. k. Ingenieurakademie. Wien 1830.

Die Erfindung der Buchdruckerkunst vom technischen Standpunkte.

Von
Baurat Dr. Nicolaus, Berlin.

Über die Erfindung der Buchdruckerkunst haben wir in allen Ländern der Welt eine ganze Spezialliteratur vom historischen, kunstgewerblichen und buchdrucktechnischem Standpunkte aus betrachtet. Die Erfindung Gutenbergs ist auf diese Weise schon so oft behandelt worden, daß sich kaum etwas Neues sagen läßt. Die rein technische Seite jedoch ist bisher wenig gewürdigt worden, so daß ich sie einmal von dieser aus betrachten möchte, da sich dabei einige neue Gesichtspunkte in technischer Beziehung ergeben.

Bei einem Besuche des germanischen Museums in Nürnberg sah ich nebeneinander die mittelalterlichen deutschen Handschriften (Manuskripte), die ersten Wiegendrucke (Inkunabeln) und die herrlichen gegossenen Bronze-Grabtafeln, von Nürnberger Friedhöfen herstammend, die alle im Schriftcharakter so viel Übereinstimmung zeigen, daß eine Verwandtschaft wohl nicht zu leugnen ist. Ich versuchte, mich in den Gedankenkreis Gutenbergs hineinzuversetzen, der jene alten Schriftmalereien, daneben die alten Schrotblätter und Blockbücher, bei denen Wort und Bild in dieselbe Holztafel geschnitten und zusammengedruckt waren sowie auch die bronzenen Grabplatten vor sich sah. Sein erfinderischer, durch die Technik des Handwerks geschulter Geist faßte hierbei den Entschluß, die Schrift nicht mehr, wie bei den Blockbüchern, durch ganze Tafeln, sondern durch zusammensetzbare Einzelteile hervorzubringen. Daß er dabei nicht so vorgegangen ist, wie wir es in Erzählungen zu hören gewohnt sind, daß er nämlich die aus Buchenholz bestehenden Tafeln in Stäbchen zerschnitten und mit diesen Stäbchen, die man deshalb Buchstaben genannt, gedruckt habe, bedarf, da sich auf diese Weise die erforderliche Genauigkeit auf keine Weise erreichen läßt, für den technisch Gebildeten keiner Begründung. Gutenberg hat gewissermaßen als Techniker die Verfahren zur Herstellung der Handschriften, Blockbücher und Grabtafeln aus eigener Anschauung gekannt. Er wußte, wie der Metallgießer nach der Vorlage des Künstlers sein Holzmodell für die Bronzeplatten herstellt, in Sand abformt und in der Sandform diese Meisterwerke erzeugte, die uns heute noch infolge der schönen Gestaltung der Schrift und musterhaften Raumverteilung künstlerischen Genuß bereiten. Er wird natürlich mit spiegelverkehrt geschnittenen Tafeln, damit ein richtiger Abdruck der Schrift möglich war, den Guß vorgenommen und als ersten Schritt zur Verbesserung die Modelle zur Erleichterung des Gusses in Teile zerschnitten haben. Aus den so hergestellten Teilformen sind dann die Einzelbuchstaben für den Satz hergestellt worden. Das Verfahren war damals in der Edelmetalltechnik bereits zu hoher Vollendung ausgebildet, und noch heute werden Ornamente aus Edelmetall

in Sandformen gegossen. Daß dieser Weg ein naheliegender und gangbarer schon damals war, geht daraus hervor, daß die heutigen Buchbinderschriften (Abb. 1) noch genau in derselben Weise erzeugt werden, wahrscheinlich ein historischer Rest aus dem Mittelalter. Bei einem Besuche der Magdeburger Gravieranstalt konnte ich mich überzeugen, welche Feinheit des Schriftbildes solche durch Sandguß erzeugten Typenreihen sowohl in Bronze als auch in Schriftmetallguß erlangen können, die nachher mit der Säge in Einzelbuchstaben zerschnitten und auf Linie und Weite bearbeitet werden.

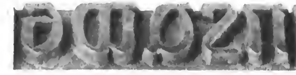


Abb. 1.
Gußblättchen für Buchbinderschrift.



Abb. 2.
Aufgeleimte Buchbinderschrift für Prägedruck.

Wie nun der Buchbinder noch heute seine Typen durch Aufleimen zu Worten und Zeilen (Abb. 2) zusammensetzt, so wird auch Gutenberg auf diese Weise verfahren sein. Die Umständlichkeit dieses Arbeitsverfahrens jedoch und das immerhin bei nicht genügender Sorgfalt leicht unscharf werdende Bild der Schrift mußten sich indessen störend bemerkbar machen. Hierzu kam noch der Umstand, daß bei Abnutzung der Schrift diese durch dasselbe Verfahren immer wieder aufs neue erzeugt werden mußte. Da liegt nun für den denkenden Techniker, als welchen wir Gutenberg unbedingt ansprechen müssen, der Entschluß nahe, statt des weichen Formsandes (der verlorenen Form) ein dauerhaftes Material (bleibende Form) zum Abschlag zu nehmen. Die Wahl fiel in diesem Falle auf das Blei. Es ist durch einen glücklichen Zufall aus den ältesten Zeiten der Buchdruckerkunst, nämlich aus dem Jahre 1524, eine Sammlung von flachen Messingstempeln erhalten, die, wie der Augenschein lehrt, im Sandgußverfahren nach einem Holzmodell hergestellt sind. Ob aus jener Zeit auch Reste von dem weiteren Fortschritte, den man Schöffer zuschreibt, nämlich von den geschnittenen Metall- bzw. Stahlstempeln vorhanden sind, ist mir nicht bekannt. Diese Messingstempel wurden nun in Blei abgeschlagen, und der bearbeitete Abschlag diente als Form für den Handguß von Lettern. Die Abschläge wurden dann unter einer Gießform (Abb. 3), die im wesentlichen aus einem verstellbaren Hohlprisma bestand, befestigt, und in der so gebildeten Form wurden die Lettern gegossen. Alte Gießformen, sogenannte Handinstrumente, sind noch vielfach erhalten, da das Verfahren bis weit ins vorige Jahrhundert hinein, bis zum Auftreten der ersten Schriftgießmaschine,

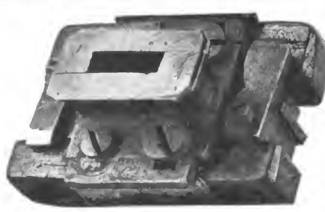


Abb. 3a.
Handgießform (Eingußseite).

allgemein in Anwendung war. Daß sowohl die Matrizen, ehe sie ins Gießinstrument eingesetzt wurden, einer genauen Bearbeitung (Justierung) unterzogen werden mußten, und auch die fertig gegossenen Lettern den Genauigkeitsgrad, der zum Zusammensetzen erforderlich ist, erhalten mußten, ist selbstverständlich. Auch diese Bearbeitung des Schriftmaterials durch Schleifen oder Befeilen war noch vor kurzer Zeit allgemein üblich, bis die Komplettgießmaschine für die gangbarsten Schriften auch damit aufräumte.

Für den Ingenieur stellt sich nach dem Gesagten ganz zwanglos ein lückenloses Bild der Erfindung Gutenbergs dar, und man kann somit sagen, daß Gutenberg in einem der ältesten Industriezweige, den die Menschheit besitzt und der für sie die größte Wichtigkeit hat, weil er ja dazu bestimmt ist, ihr Verlangen nach geistiger Nahrung zu befriedigen, ein Verfahren eingeführt hat, welches zum ersten Male einen technischen Großbetrieb ermöglichte. Diese Erfindung hat er von der Erfassung des Gedankens bis zur Ausführung in einer Weise ausgebildet, daß bis auf den heutigen Tag, abgesehen von seiner Durchführung auf der Maschine und Verbesserungen des Materials, nichts Wesentliches geändert worden ist. Es war dies ein nicht hoch genug einzuschätzender Glücksfall für die Entwicklung jener Zeitepoche,



Abb. 3b.
Handgießform (Matrizenseite).

eius: ⁊ in lege eius meditabitur die ac no-
cte. Et erit tanq̃ lignũ quod plãtatũ est
secus decursus aq̃r: q̃d fructũ suũ dabit in
tp̃e suo Et foliũ ei⁹ nõ defluet: ⁊ oĩa q̃cũq̃
faciet p̃sperabũt. Nõ sic impij nõ sic: sed

Abb. 4.
Probezeile aus dem Psalterium von 1457.

die wir unter der Überschrift Renaissance und Reformation begreifen, daß ihr in der Buchdruckerkunst ein Mittel zur Verfügung gestellt wurde, das ihr gestattete, sich in jeder Beziehung bis zur vollen Blüte auszuwirken, und das den Hunger nach geistiger Nahrung und Aufklärung, von dem damals die Menschheit ergriffen war, stillte. Ohne die Technik des Buchdrucks wäre eine solche Entwicklung zweifellos nicht denkbar gewesen.

Diese Gedanken, die mir als Ingenieur so nahe lagen und die ganze erfinderische Tätigkeit Gutenbergs im hellen Lichte zeigen, teilte ich bei einer Zusammenkunft

gelegentlich der Buchgewerbeausstellung in Leipzig, deren technischer Direktor ich damals war, Herrn Direktor Stempel mit und dieser bestätigte mir sofort die Richtigkeit meiner Annahme mit dem Hinzufügen, daß er selbst sich seit längerer Zeit mit diesem Gedankengange beschäftigt habe und es nun auch unternehmen wollte, im Verfahren Gutenbergs eine alte Schrift (Abb. 4) neu erstehen zu lassen. Zu meiner größten Freude und Überraschung sandte er mir 1914 noch vor dem Kriege die ersten Druckproben, die auf mich einen geradezu verblüffenden Eindruck machten. Alles, was ich nur geahnt und angedeutet hatte, war hier mit einem Schlage verwirklicht. Das war nicht die langweilige Regelmäßigkeit unserer modernen Drucke, vor deren Präzision man als Ingenieur zwar alle Hochachtung haben muß, die aber das künstlerisch empfindende Herz nicht erwärmen. Wie das Auge mit Genuß auf einer kostbaren von Hand gestickten Spitze weilt und sich an ihren kleinen Unregelmäßigkeiten, wie sie nur die Handarbeit mit sich bringt und die gerade ein Zeichen für den künstlerischen Individualismus sind, erfreut, wie der Geist sich an den kleinen Erkern, an den Inschriften und den krausen Linien der Giebel alter deutscher Städte ergötzt, die nichts von der geleckten Regelmäßigkeit und Langweiligkeit beinahe fabrikmäßig hergestellter Fassaden von Mietshäusern und einförmigen Großstadtstraßen haben, so bietet es einen hohen Genuß, durch Nebeneinanderhalten eines Originalblattes Gutenbergs und einer mit den Stempelschen Typen hergestellten Nachbildung feststellen zu können, daß hier durch verständnisvolle Neuschaffung des alten Verfahrens wirklich etwas erreicht ist, was dem unmittelbaren Genuß der Betrachtung eines Originales nahekommt. Hieraus ziehe ich den Schluß, daß das beschriebene, dem alten Erfinder Gutenberg vom Ingenieur nachgefühlte und von der Schriftgießerei Stempel nachgebildete Verfahren wirklich das Originalverfahren Gutenbergs ist.

Congregent aque que sub celo sūt in
locū unū ⁊ appareat arida. Et factū ē
ita. Et vocauit deus aridam terram:
congregacionesq; aquaꝝ appellauit
maria. Et vidit deus q esset bonū. et
ait. Germinet terra herbā uirentem et
facientē semen: ⁊ lignū pomiferū faciēs
fructū iuxta genus suū. cuius semen in
semetipso sit sup terrā. Et factū ē ita. Et
protulit terra herbā uirentē ⁊ facientē
semē iuxta genus suū: lignūq; faciēs
fructū ⁊ habēs unūquodq; sementē scdm

Abb. 5.
Originalzeilen aus der 42 zeiligen Bibel.

.opus nomini vrō consecraui. interp=
tatione videlicet triū salomonis vo=
luminū: masloth qd hebrei parabolas.
vulgata editio pūbia vocat: coeleth.
quē grece ecclesiasten. latine concionatorē
possum⁹ dicere: sirasirim. qd ī linguā
nrām vertit canticū canticoꝝ. Fertur et
panaretos. ihu filii sirach liber: ⁊ ali⁹
pseudographus. qui sapientia salo=
monis inscribit. Quoꝝ priorē hebra=
icum reperi. nō ecclesiasticū ut apud la=

Abb. 6.
Abdrucken eines Stempel'schen Neuguß aus Bleimatrizen.

Daß mein Empfinden nicht etwa ein rein persönliches ist, beweist der Umstand, daß mir viele Fachleute, denen ich die schönen, mir von Herrn Stempel zur Erinnerung überreichten Blätter zeigte, anfangs nicht glauben wollten, daß sie wirklich im Buchdruck von gegossenen Lettern, und nicht etwa in Zinkätzung oder Lichtdruck hergestellt seien, und daß, als ich in einem Vortrage die beiden Verfahren im

Bilde nebeneinander zeigte (Abb. 5 und 6), jeder der fachkundigen Zuhörer über die Ähnlichkeit von Original und Neudruck erstaunte. Der Krieg hat mich gehindert, meine Gedanken, die ich beim Empfange des ersten Blattes im April 1914 hatte, zu veröffentlichen, vielleicht ein günstiger Zufall.

In der Zwischenzeit sind nämlich in den Typographischen Mitteilungen im Mai 1918 sehr lehrreiche Untersuchungen von Herrn Gustav Mori erschienen, in denen dieser die ersten Drucke Gutenbergs vom Standpunkte des Schriftgießers aus eingehend behandelt. Auf Grund dieser sehr scharfsinnigen fachtechnischen Überlegungen kommt er analytisch zu demselben Ergebnis, zu dem ich auf rein synthetischem Wege in meinen obigen Zeilen gelangte. Besonders wertvoll sind seine Ausführungen noch dadurch, daß er sie durch alte Druckproben eingehend belegt. Durch das Übereinstimmen beider Ergebnisse kann wohl mit Sicherheit gefolgert werden, daß der dargelegte Weg wirklich der Erfindungsweg Gutenbergs gewesen ist.

Die durch die jetzt gewonnene Kenntnis der ursprünglichen Technik neu erstandene Gutenbergschrift ist zweifellos mehr als ein bloßer Versuch. Die praktische Bedeutung der Wiedererweckung der alten Gußtechnik liegt in der Möglichkeit, die alten Druckdenkmale genau dem Originale entsprechend in gleicher Technik herzustellen. Infolge des monumentalen Charakters der alten Schrift ist sie das gegebene Material zum Drucke von Diplomen, Lehrbriefen, Familienurkunden und anderen Drucksachen zu feierlichen Gelegenheiten, die eine besonders gute Ausstattung erhalten sollen. Ist auch die jetzige Zeit zu solchen Luxusdrucken wenig geeignet, so wird doch hoffentlich wieder die Gelegenheit kommen, die neu erstandene Gutenbergschrift wieder aufleben zu lassen.

Abmessung der Schriftgrade:

Namen der Schrift-Grade:	Diamant	Perl	Nonpareille	Kolonel	Petit	Borgis	Korpus	Cicero	Mittel	Tertia	Text	Doppelcicero	Doppelmittel	Kleine Kanon	Grobe Kanon	Kleine Missal	Grobe Missal	Kleine Sabon	Grobe Sabon
Punkt-Größe	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20	24	28	40	48	60	72	84	96

Infolge des hohen Alters der buchgewerblichen Industrie hat sie für ihre Arbeitsweise auch ein eigenes Maßsystem entwickelt, welches einen ganz eigenartigen, von den übrigen technischen Maßsystemen abweichenden Charakter hat. Man benannte nämlich die Schrifthöhen (Zeilenstärken) nach Druckwerken, bei denen diese Schriftgröße zum erstenmal verwendet war. Zur eindeutigen Festlegung dieser Maßeinheiten, die ziemlich willkürlich festgesetzt waren, wurde gegen Ende des 18. Jahrhunderts das von Didot ersonnene sogenannte Punktsystem verwendet. Dieses System hat nun bis zum heutigen Tage seine Herrschaft behalten. Während auf allen andern Gebieten der Technik sich das Metermaß durchgesetzt hat, ist hier ein System bestehen geblieben, gegen das das Zollmaß dem Techniker schon wie eine erlösende Offenbarung vorkommt. Es ist zwar gelungen, die verschiedenen, nebeneinanderherlaufenden Größen in gewisser Weise zu vereinheitlichen, aber die Einheit

selbst ist derartig unpraktisch und mit der übrigen Technik zusammenhanglos gewählt worden, und die Bezeichnungen der Maßeinheiten erscheinen dem nicht Eingeweihten derartig nichtssagend und sinnlos, daß man als Techniker bei den heutigen Normalisierungsbestrebungen immer aufs neue fragen muß, wie ein solches Maßsystem sich halten konnte.

Die Maßeinheit des Schriftsetzers ist demnach der typographische Punkt, von denen 2660 auf einen Meter gehen. Diese eigentümliche Zahl ist dadurch zu erklären, daß Didot seinerzeit den französischen Fuß in $12 \times 12 = 144$ Linien und jede Linie in 6 Punkte teilte, so daß also der französische Fuß 864 Punkte hatte. Ein typographischer Punkt wäre demnach ungefähr 0,4 Millimeter. Was wäre es für eine Erleichterung für die Technik, wenn man bei der im Jahre 1878 auch in Deutschland erfolgten Einführung des Punktsystems wenigstens diesen naheliegenden Schritt gemacht hätte. Leider ist es nicht geschehen, und so muß man sich damit abfinden. 48 dieser typographischen Punkte nennt man eine Konkordanz, welche wiederum in 4 Cicero zu je 6 Viertelpetit eingeteilt wird, und so entsteht der untenstehende typographische Maßstab. (Abb. 7).

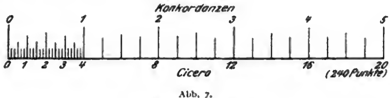


Abb. 7.
Typographischer Maßstab.

Auch die Schrifthöhe ist normalisiert und zwar auf ausgerechnet $62^2/_3$ Punkte, also ungefähr 23,6 mm. Auch hier hätte sich der naheliegende Schritt auf 25 mm unschwer machen lassen, besonders da in der Höhe der Schrift viele Unterschiede bei den verschiedenen Schriftgießereien bestanden. Rücksicht aufs Ausland und Export haben es verhindert. Da nun sehr viele Werte in dem gegenwärtigen Schriftmaterial festgelegt sind, wird der typographische Maßstab wohl auch die gegenwärtigen Normungsbestrebungen überdauern. Ein Schritt zur Besserung der Bezeichnungen ist glücklicherweise in der Benennung der Maße gemacht worden. Man spricht, z. B. wenn man eine dünne Zwischenlage aus Schriftmetall, die zur Vergrößerung des Schriftabstandes zwischen die Zeilen eingeschoben wird und die der Buchdrucker bisher als Reglette bezeichnete, nicht mehr von einer Viertelpetitreglette auf 5 Konkordanzen, sondern man hat dafür die Benennung vorgeschlagen „Zwei Punkt-Dünn-Steg fünf Ganze lang“, worunter man sich doch schon etwas denken kann. Für seinen Hausgebrauch an der Maschine hat der Drucker noch ein anderes etwas bequemeres Maßsystem, basierend auf der Stärke eines Seidenpapiers. Man rechnet 4 Seidenpapierchen ungefähr gleich einem Bogen Schreibpapier und 4 Schreibpapiere gleich einem Kartonblatte. Auch dieses Maßsystem ist bei seiner unsicheren Einheitsgröße ebenfalls mit Vorsicht zu genießen, und es ist hierin auch schon ein Fortschritt insoweit gemacht, als bei der Bemessung des Aufzugs (Papierbekleidung) für den Druckzylinder zur Erzielung der notwendigen Elastizität beim Drucke die Aufzugsstärke nicht mehr in Papierstärken, sondern in Millimetern, also entweder zu einem oder zu $^1/_2$ Millimeter angegeben wird. Im übrigen ist es mit Freuden zu begrüßen, daß das Buchgewerbe ebenfalls einen Normenausschuß eingesetzt hat, der im Anschluß an den der deutschen Industrie arbeitet.

Ein Beitrag zur eisenhüttentechnischen Entwicklung der Naturvölker Kameruns.

Eisenhütten- und Schmiedewesen der Baja.

Von

Günter Tessmann[1]), z. Zt. Berlin.

I. Das Feuer.

Die Herstellung des Feuers geschieht auf zweierlei Art. Wenn man nach der Schöpfungssage gehen darf, ist die älteste diejenige, welche auch die Pangwe anwenden, nämlich das Quirlen eines Stockes auf einem anderen. Sie heißt einfach *gira lè wui*, d. h. trockene Hölzer quirlen [zum] Feuermachen. Dazu werden zwei Stücke des Baumes *kule* (*te* oder *gbaya*) genommen. In der Trockenheit kann das Holz ohne weitere Vorbereitung benutzt, sonst aber muß es etwa einen Monat im Hause über Feuer getrocknet werden. Alsdann legt man einige Stückchen alten Rindenzeuges, das natürlich vollkommen trocken sein muß, unter den einen auf die Erde gelegten Stock und stellt den zweiten senkrecht auf den ersten (Abb. 1). Nun beginnt ein Mann den oberen Stock auf dem unteren zu quirlen, während ein anderer den liegenden Stock hält. Diese Art der Feuererzeugung kommt zwar überall im Bajagebiet vor, tritt aber mehr und mehr vor einer zweiten Art in den Hintergrund. Sie besteht darin, daß man ein Eisenstück an ein Quarzstück schlägt und den entstehenden Funken mit Zunder auffängt. Der Zunder (*ndû*, *ndukum*, *ndû-wui*)[2]) wird entweder aus den Samenhaaren des Baumwollbaumes (Ceiba pentandra, *gela*) oder verschiedener Asclepiadaceen gewonnen. Ein Teil dieser letzteren Pflanze wächst wild in der Grassteppe,

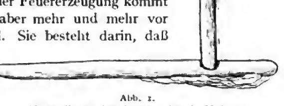


Abb. 1.
Herstellung des Feuers durch Hölzer.

---

[1]) Verfasser, der Forschungsreisende Tessmann, ist 13 Jahre lang als Forscher in Afrika tätig gewesen, zuletzt im Auftrage des Deutschen Reiches. Einen Teil seiner Erfahrungen hat er in einem zweibändigen Werke „Die Pangwe. Eine völkerkundliche Monographie eines westafrikanischen Negerstammes, von Günter Tessmann", Hansaverlag, Berlin-Tegel, niedergelegt. Eine große Anzahl von Modellen in 1/5 der natürlichen Größe, die unter seiner Leitung von den Eingeborenen selbst angefertigt worden sind, geben ein Bild von dem Stande der kulturellen Entwicklung der dortigen Naturvölker. Leider stellt das Reich zur Zeit keine Mittel zur Verfügung, um die wertvollen Forschungsergebnisse der weitesten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Das Deutsche Museum in München hat sich dieser Sache angenommen, und sämtliche Modelle der Eisenschmelzen erworben. Der hier behandelte Abschnitt über das Eisenhüttenwesen stammt aus einem noch nicht veröffentlichten Werke, das als Beitrag zur Erfindergeschichte gedacht ist.

[2]) Für die Angabe der technischen Ausdrücke der Baja und ihre Übersetzung gilt folgendes: Ein Accent über dem Buchstaben bedeutet Mittelton, ein Winkel Hochtief-^ oder Tiefhochton˅. In eckige Klammern gesetzte deutsche Wörter werden im Baja nicht ausgedrückt.

wenn auch nicht überall. Eine andere Art, wie ich wenigstens vermute, wird öfters bei den Dörfern angebaut. Sie heißt *te ndukum*, d. h. Baum [für] Zunder, oder *songo*. Schließlich wurde mir auch noch eine Pflanze namens *nduta-wui* (d. h. Zunder (?) [für den] Stein [für] Feuer) genannt. Abb. 2 zeigt eine Frucht der Asclepiadacee, wie sie von den Baja im Hause aufbewahrt wird. Die Zubereitung des Zunders ist ziemlich umständlich. Man braucht dazu noch die Rinde des Baumes *kolo* und den Rückstand, der bei der Salzbereitung nachbleibt. Die Rinde wird zuerst auf einem Steine zerschlagen, mit kaltem Wasser angesetzt und gekocht. Dann wird sie herausgenommen und mit den Händen über dem Topfe ausgedrückt, damit der darin enthaltene Saft herauskommt. Der Rest der Rinde wird weggeworfen. Den Auszug, der tomatenfarbig ist, läßt man noch eine Viertelstunde weiter auf dem Feuer kochen. Unterdessen ist aus den Kapseln, die vorher längere Zeit im Hause getrocknet waren, der Inhalt herausgenommen und mit den Händen zerrieben worden, damit sich die Samen herauslösen. Ferner hat man den Salzrückstand in heißem Wasser verrührt, tut die Samenhaare in den kochenden Auszug der Rinde, und rührte sie längere Zeit mit einem Stocke tüchtig durcheinander, so daß die Flüssigkeit die ganze Masse durchtränkt. Hat die Masse alle Flüssigkeit aufgesogen, wird Salzwasser zugegeben und noch weiterhin im Topfe über Feuer tüchtig gerührt. Dann wird die Masse herausgenommen und braucht nur noch zu trocknen. Der Zunder ist damit fertig. An anderer Stelle wird anstatt des Auszuges aus der Rinde nur Holzkohle, aber gleichfalls unter Kochen der Samenhaare, hinzugetan. Durch die geschilderte Behandlung nimmt der Zunder entweder eine rötlichgraue oder (bei Zutat von Holzkohle) schwärzliche Färbung an. Wenn ich mich erkundigte, warum man das alles macht, hieß es nur: „Damit der Zunder leichter Feuer fängt".



Abb. 2. Frucht einer Asclepiadacee, deren Samenhaare als Zunder benutzt werden.

Das Eisen ist entweder ein walzenförmiges Stück oder gebogen. Es heißt *gbaya sawada wui*, oder *bolo wui* = Eisen [für] Feuer. (Das Quarzstück heißt *ta wui* = Stein [für] Feuer und *ta sawada*). Bei der Herstellung von Feuer schlägt man das Eisen gegen den Stein und läßt die Funken auf den Zunder springen, der auf kleine Rindenzeugstücke gelegt wird. Von diesen aus wird das Feuer auf trockene Grasstengel, die in Flammen gesetzt werden, übertragen. Alle Teile des Feuerzeuges werden meistens in einer doppelten Ledertasche, die genau wie unsere doppelten Geldtaschen gebildet sind, aufbewahrt. In die eine Abteilung kommt das Eisen und der Stein, in die andere Zunder und Rindenzeug. Die Tasche heißt *ngobo sawada*.

Übertragen wird das Feuer durch die langen Stengel des Grases *bubala*, die in Bosum aufeinandergeschichtet, zugleich als spanische Wand dienen. Die Stengel heißen *kan*. Will der Baja nachts etwas im Hause suchen und kann nicht sehen, so steckt er sich an den brennenden Holzscheiten eine Art Streichholz, nämlich einen Stengelabschnitt, an und leuchtet damit umher. Geht er in der Dunkelheit von einem Hause zu einem anderen, so nimmt er mehrere ganze Stengel; will er dagegen nach einer entfernteren Ansiedelung gehen, so nimmt er sich ein ganzes Bündel von Stengeln mit, von dem immer einige zu gleicher Zeit als Fackel in Brand gesetzt werden. Ist das Feuer im Hause überhaupt ausgegangen, so überträgt man es von anderen Häusern durch ein kleines glühendes Scheit, das

mit den alten zusammengelegt wird und durch Aufstreuen von zersplitterten Grasstengeln beim Anblasen eine Flamme gibt. Wollen die Feuerscheite nicht schnell genug Feuer fangen, so tut man die Früchte des Baumes *duna*, die offenbar Öl enthalten, darauf.

Eine dauernde Beleuchtung des Hauses außer dem Herdfeuer gibt es ursprünglich nicht, nur in dem von Ngaundere her beeinflußten Gebiete in der Nähe von Betare sah ich einmal eine von den Haussa eingeführte Lampe. Dies war ein langgestieltes, an beiden Seiten becherartig ausgeweitetes Tongefäß, das mit Graphit glänzend schwarz gefärbt war. In den Becher wird etwas Sesamöl gefüllt, ein aus Baumwolle gedrehter Docht hineingelegt und angezündet.

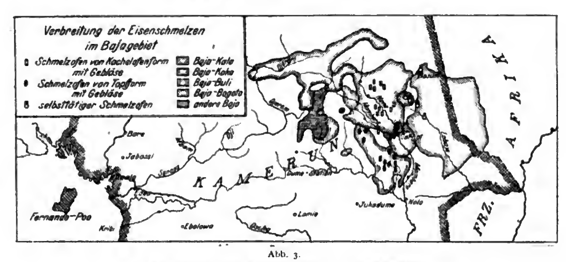


Abb. 3.
Verbreitung der Eisenschmelzen im Bajagebiet.

II. Die Metalle und ihre Bearbeitung.

Während allen heute lebenden ursprünglichen Menschenrassen die Kunst, das Feuer zu erzeugen, bekannt ist, ist die Bearbeitung der Metalle von allen Naturvölkern nur der schwarzen und gelben Rasse eigen.

Die Baja betreiben die Metallgewinnung und -bearbeitung viel und gern. Ihr eigentliches Metall ist das Eisen. Ob sie auch Kupfer gewinnen, steht noch nicht fest. Dagegen verarbeiten sie eingeführtes Kupfer und Zinn.

Die Form der Eisengewinnung ist im Bajagebiete je nach den einzelnen Unterstämmen verschieden. Entsprechend den drei großen Unterstämmen der Baja unterscheiden wir auch drei verschiedene Arten der Eisengewinnung. Die erste, und zwar ganz besondere und von allen andern zu unterscheidende Form findet sich bei den Bogoto, die andere bei den Südbaja, (Baja-Kaka und Baja-Buli) und die dritte bei den Baja-Kala. Ich bespreche im folgenden alle drei Arten einzeln.

A. Eisengewinnung bei den Bogoto.

Die Eisengewinnung der Bogoto unterscheidet sich von allen anderen in Kamerun, soweit sie bekannt sind, dadurch, daß sie vollkommen selbsttätig allein durch den Zug der Luft im Schmelzofen vor sich geht.

Diese Form finden wir bei den Bogoto von der Pamaquelle bis nach Bosum. Einzig und allein sollen die in der Nähe der Baja-Kaka gelegenen Bogoto von Mbaui

die Form, wie sie bei den Baja-Kaka gebräuchlich ist, übernommen haben. Ich beobachtete die Eisenschmelzerei bei Bosum, wo es zwei oder gar drei verschiedene Schmelzstellen gibt und dann südlich davon, in Ssengotu, Häuptling[1]) Ngombu. Außerdem kommt sie in den beiden Nachbardörfern von Ssengotu, nämlich in Bugpea, H. Baoro, im Nordwesten und in Ngangkarang im Südosten, ferner zwischen Bagiri und Jurijanga zwischen Uambori am Lobaje und der französischen Grenze vor. Im Bosumgebiet stehen die Schmelzöfen dicht beim Dorfe des Unterhäuptlings Bugurta und des Jalemanga.

Die vielen „Medizinen" der Pangwe, die bei der Eisenherstellung angewendet werden, kennt man bei den Bogoto nicht, doch fand ich einmal in Bosum ein Stück aus der Wand eines alten Schmelzofens auf einem Stocke aufgesteckt. Die Schmelzerei scheint hier aber auch in dem Geruche einer gewissen Heiligkeit zu stehen, denn ich sah in Ssengotu eine Unmenge Körbe mit Mehl im Hintergrunde aufgestapelt, wo sie angeblich gegen Diebstahl sicher sind, ferner durften Teile des Baumes *sôle* nicht in die Hütte gebracht werden, da sie unangenehm riechen und schließlich hatten die Leute immer eine Furcht davor, daß ein Tröpfchen Regen auf den Schmelzofen fallen könnte.

Bei der Verpflanzung der Technik in ein Dorf eines andern Sippenverbandes werden dem Sachverständigen, der die Sache übernimmt, fünf Ziegen bezahlt, auch ist es vorgekommen, daß der Sachverständige die Tochter des neuen Schmelzbesitzers heiratete und dafür an Stelle von zehn Ziegen, die die Frau wert war, nur die Hälfte bezahlt hat. Bei der Übertragung der Technik von einer Ansiedelung auf eine andere innerhalb desselben Sippenverbandes stellt sich alles billiger. Dann wurden nur eine Ziege, zwei Hühner und ein Fünftel des bei einer Schmelzung gewonnenen Eisens bezahlt. Zur Begründung hob man den Gegenseitigkeitsgedanken — eine Hand wäscht die andere — hervor.

Die Fundgruben des Eisensteins (*dŏla*), vorwiegend Brauneisenstein, sind, wie auch bei den Pangwe, herrenloses Gut.

Der Besitzer einer Eisenschmelze arbeitet nur für sich oder verkauft das gewonnene Roheisen. Will jemand aber nicht viel Geld ausgeben und braucht doch das Eisen, so kann er durch seine Mitarbeit bei der Verhüttung das Eisen auch billiger bekommen. Er muß dann Eisenstein und Holzkohle herbeischaffen, den Eisenstein zerschlagen und selbstverständlich auch bei der Schmelzarbeit, die ja selbsttätig vor sich geht, dabei sein, um Kohlen aufzuschütten und dem Besitzer die Zeit zu verkürzen. Es ist sogar nicht mehr wie recht, wenn er einen kleinen Braten, etwa eine stattliche Feldmaus oder so etwas, dem Meister mitbringt, damit er „rechte Lust für die Arbeit hat", die doch dem Mitarbeiter Vorteil bringt. Dafür bekommt er entweder ein Fünftel der gewonnenen Luppe[2]) so oder, wenn er alles haben will, nur gegen Vergütung von einem Huhne. Sollte nur ein Teil der Luppe geraten sein, so bekommt der Meister ein kleines Huhn; ist die ganze Schmelzung mißraten, so bringt letzterer dem Manne den Ertrag einer neuen Schmelzung, ohne daß er von neuem zu bezahlen hat. Man sagte mir nämlich, daß der, welcher das Eisen erwerben wollte, darüber verärgert ist, daß er trotz seiner Arbeit nichts bekommen hat und daß die vier Fünftelteile, die er nun umsonst bekommt, eine Art Schmerzensgeld darstellen.

[1]) In folgendem stets abgekürzt: H., ist der Name des Häuptlings, dem des Dorfes nachgesetzt.

[2]) Bezeichnung für das Roheisen, technisch eigentlich Schmiedeeisen, wie es aus dem Ofen kommt.

Der Schmelzplatz, den ich im folgenden beschreibe, liegt dicht beim Dorfe oder etwas abseits davon in der Baumsteppe, wie in Bosum. Auf dem Platze steht eine viereckige Hütte, in der sich ein oder zwei Schmelzöfen befinden. Um den Platz vor der Hütte ist ein Kranz von Schlacken und zerbrochenen Düsen, in gleicher Weise hinter der Hütte. In der Mitte des Platzes liegt ein Stein, auf dem der Eisenstein zerschlagen wird. Wird verhüttet, so sind seitlich am Hause und an den Bäumen Haufen von Feuerkohle und rohem oder zerschlagenem Eisenstein aufgeschüttet. Auch in der Hütte selbst hatte man Holzkohle aufgeschichtet.

Die Schmelzhütte heißt in Bosum *tua biă*, d. h. Haus [für den] Ofen, in Ssengotu *tua gbagŭdŭ*, was dasselbe bedeutet, da der Ofen an jener Stelle *biă*, an dieser *gbagŭdŭ* heißt.

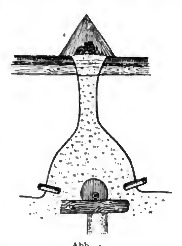


Abb. 4. Schmelzofen der Baja-Bogoto von vorn gesehen, Dachbalken vor dem Ofen fortgelassen, Kegeldach über dem Ofen im Durchschnitt.

Vor der Errichtung der Hütte baut man die Öfen — es waren in Bosum zwei. Sie sind, wie Abb. 4 u. 5 zeigen, etwa flaschenförmig, d. h. sie bestehen aus einem breiten unteren Teil und einem Halse, der sich nach oben schwach verdickt. Vorher wurde jedoch schon an der Stelle, wo die Öfen gebaut werden sollen, die Erde 11 cm tief trichterförmig ausgehoben. Nachdem der Ofen aus Lehm derart errichtet ist, daß immer konzentrische Bänder von 5—6 cm Dicke, die am Halse natürlich kleiner werden, aufeinandergesetzt sind, hebt man mit dem Messer vorne eine halbkreisförmige Tür (*gŏna nu biă* = Öffnung [des] Mundes [vom] Ofen), und an den Seiten fünf kleine Öffnungen (*gŏna li dzăla* = Öffnung [für das] Auge [der] Düse), dicht über dem Boden aus. Ist der Hals bis fast zu seinem Ende errichtet, so beginnt man mit der Hütte selbst. Dazu rammt man neun dicke Gabelpfähle derart ein, daß drei vorn, drei in der Mitte, d. h. in der Linie der Öfen, und drei hinten stehen. Die mittleren sind etwas nach hinten gerückt, damit der Balken, der über sie von links nach rechts gelegt wird, gleich hinter die Mündungen der Öfen zu liegen kommt und mit ihnen in gleicher Höhe abschließt. Über die vorderen und hinteren Gabelpfähle legt man gleichfalls einen Balken und legt dann von vorn nach hinten verlaufende Stämme in die Mitte, sowie links und rechts von den Öfen auf die drei Tragbalken. Um die Öffnungen zu überdecken, die vor und hinter den Öfen bleiben, legt man hinter den Öfen noch zwei oder drei kürzere Längsstämme auf den hinteren und mittleren Tragbalken und darauf kürzere Querstämme, die vorn vor den Öfen allein vorhanden sind, dafür aber in größerer Anzahl. Jetzt kann das Dach gedeckt werden. Dazu wirft man erst eine dicke Lage von Blättern darauf, dann als zweites eine Lage Gras und endlich Erde. Man sorgt dafür, daß die Oberfläche hinten etwas höher ist, damit der Regen nach der einen Seite ablaufen kann. Durch die drei Schichten ist die Fläche so erhöht, daß sie über die Mündungen der Öfen vorsteht.

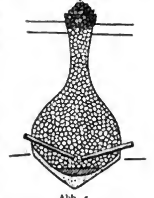


Abb. 5. Schmelzofen der Baja-Bogoto im Durchschnitt.

Diese baut man nun zugleich mit der Dachdeckung weiter auf, indem man Lehmringe aufsetzt, und zwar noch ein kleines Stück über die Fläche hinaus. Diesen Aufsatz macht man aber etwas breiter als den Hals des Ofens, so daß es von oben aussieht, als sei ein Kochtopf nicht ganz bis an den Rand in die Erde eingegraben. Zum Schutze gegen Regen werden zwei kleine Kegeldächer hergestellt und über die Öffnungen des Ofens gelegt. Für gewöhnlich liegen sie auf dem Dache herum. Um den vom Dache abfließenden Regen fortzuleiten und zu verhindern, daß Wasser in die Hütte läuft, hat man das ganze Haus mit einem Wall von Erde und Schlacken umgeben. Das vorn von dem Dache herabhängende Blätterwerk und Gras hat man durch zwei Galgen hochgehoben. An den Seiten und hinten sind Stöcke schräg gegen das Dach gelehnt und mit Blättern und Gras bedeckt, so daß die Hütte geschlossen ist. Ein nach hinten tiefer werdender Graben führt von vorn auf die Tür des Ofens zu, wodurch man bei der Verhüttung ein bequemes Arbeiten erzielt. Hier wird auch später die Luppe herausgeschleift.

Vor der Verhüttung müssen, falls nötig, neue Düsen gemacht werden. Meistens stehen aber noch eine ganze Reihe verwendbarer bereit, da jede zweimal benutzt werden kann. Die Düse ist eine aus Lehm hergestellte 50 cm lange Tonröhre, deren Durchmesser in der lichten Weite 2,5 cm beträgt. Die Düse heißt *dzălă*.

An der Verhüttung braucht außer dem Besitzer und vielleicht noch seinem Genossen, der etwas Eisen abhaben will, nur noch ein Gehilfe, der das Eisen zerkleinert, zu arbeiten, da die Schmelzarbeit von der Natur selbst besorgt wird. Natürlich sind noch Zuschauer anwesend, aber sie erzählen sich und dem Besitzer Geschichten, ohne Gefahr zu laufen, daß sie auch einmal einen Blasebalg in Bewegung setzen müssen.

Soll der Ofen beschickt werden, so nimmt der Besitzer gewöhnliche schwarze Erde mit einem alten Korbe und schüttet sie in den Graben und den Trichter. Dann füllt er mit einer alten Kalebasse Wasser auf die Erde im Trichter und vermischt sie zu einem Brei. Den legt er an die Wandung des Trichters, wobei er die Fensteröffnungen zur Hälfte ausfüllt, und drückt ihn fest. Jetzt werden die Düsen in die fünf Fensteröffnungen gesteckt, nachdem zuvor die Erde daraus entfernt ist. Sie stehen außen 7 cm oder auch weniger aus dem Loche hervor. Zuletzt werden sie durch untergeschobene Düsenstücke in ihrer Lage festgehalten.

Ist alles bis auf die Türöffnung vorbereitet, wird das Feuer im Trichter angelegt. Dazu legt man in die Spitze etwas unterhalb der Düsenenden einen Strohring (Vgl. Abb. 5) und darauf mittels der Kalebasse Holzkohle, die mit den Düsenenden abschließt. Auf diese Holzkohle kommen kleine Stückchen eines trockenen Stengels der Pflanze *sola* und darauf ein zerplitterter Halm des Grases *kan*. Dieser wird in Brand gesetzt und dann nochmals Feuerkohle aufgeschüttet.

Nunmehr geht es an das Ausfüllen der Türöffnung. Dazu wird wieder ein Brei aus schwarzer Erde und Wasser zusammengerührt und damit die ganze Tür bis auf ein kleines Fenster ausgefüllt. In dieses Fenster kommt eine sechste Düse hinein. Sie wird mit Erdbrei eingemauert und unter sie ein Baumstamm als Stütze gelegt, davor außerdem noch ein zweiter dickerer. Diese Stämme liegen über dem Graben. Zwei halbe Düsen, die über die Türdüse gelegt werden, verhindern, daß sie einen Druck auf die Erdwand ausübt.

Die Aufschüttung von Feuerkohle, die nunmehr ins Werk gesetzt wird, geschieht so, daß sie mit einem Korbe von dem Besitzer, der auf das Dach klettert, in die Mündungen der Öfen hineingeschüttet wird. Er füllt den ganzen Ofen bis fast an

die Öffnung voll Feuerkohle und darauf den von dem Gehilfen unterdessen zerkleinerte Eisenstein, so daß dieser wie ein kleiner Hügel über die Mündung hinausragt. Von nun an wird nur noch hin und wieder Kohle nachgeschüttet, wenn der Ofen heruntergebrannt ist, und im übrigen die Sache sich selbst überlassen.

Der Schmelzvorgang dauerte von 3 Uhr nachmittags bis 11½ Uhr vormittags des anderen Tages, also 20½ Stunde.

Dann kam der Besitzer wieder, stieß zuerst ein Loch in die Mitte der Türfüllung, aus dem die flüssige Schlacke herausfloß. Nach einiger Zeit wurde das Loch erweitert, worauf weitere Schlacke herauskam, und schließlich die ganze Füllung weggebrochen. Aus dem glühenden Inhalt wurde zuerst die Schlacke mit einem Stocke entfernt und zuletzt die Luppe, die unten in der Grube als kindskopfgroße Masse lag, herausgehoben.

Der Preis für diese Luppe stellt sich auf ein Schaf oder fünf Hühner (was dasselbe ist), von denen aber zwei Hähne sein müssen.

In Ssengotu, H. Ngombu, war die Schmelzhütte etwas anders als in Bosum. Es befand sich hier nur ein Ofen in der Mitte, dafür an jeder Seite ein Bett und im Hintergrunde eine Bank mit vielen Körben Kassavemehl, über deren Bedeutung ich schon am Anfange gesprochen habe.

Der Ofen selbst schien dieselbe Flaschenform zu haben, wie in Bosum, doch war es nicht genau festzustellen, da er bis zur Höhe von 95 cm mit mittelgroßen Steinen umgeben war, die man durch darumgeschnürte Taue zusammengehalten hatte. Sie sollen den Ofen vor Bruch schützen. Aus diesem Steinmantel ragte die Ofenröhre noch 85 cm hoch bis zum Dache vor. Fensteröffnungen für die Düsen waren hier sieben vorhanden und in jede kommen bei der Verhüttung zwei Düsen. Im übrigen war alles ebenso wie in Bosum.

B. Eisengewinnung bei den Südbaja.

Von allen Baja betreiben wohl die südlichen, die Baja-Kaka und -Buli die Eisengewinnung am intensivsten. In ihrem Lande gibt es auch die meisten Schmelzöfen, von denen allerdings einige aufgegeben sind.

Von den Baja-Kaka befinden sich Eisenschmelzen in folgenden Dörfern: Westlich von Carnot in Bokuso, H. Ndangolo, in Bugandoi, H. Bakissa, in Bumbo, H. Sauru-Nyanga — nördlich von Carnot in Bumdere, H. Silaforo, ein Dorf, das allerdings zu den Bogoto gehört, dessen Schmelzofen aber die Form der Südbaja zeigt — nordöstlich von Carnot im Dorfe Kagama-m'gbele's. Die südöstlich von Carnot gelegenen Dörfer haben, wie es scheint, die Schmelzerei aufgegeben, doch auch dort war die Eisengewinnung häufig, so im Dorfe Kagama-mpe's, in Galu, H. Gamba, und in Dzegbe.

Bei den Baja-Buli, aber nur in dem zusammenhängenden südlichen Hauptteile, nicht bei Babua und dem Kadeigebiet, sind Eisenschmelzen noch viel häufiger. Von Nordwest nach Nordost fortschreitend nenne ich nur die Namen der Dörfer, bei denen sich Schmelzen befinden; Djabo (südlich vom Orte, auf dem Wege nach Gadsa), jetzt verfallen, Banginda (ehemals Ngubu's Dorf) am Bumbe, Duviso bei Gadsa, Gadsa selbst (südlich vom Orte), Massuri, Butana, Bagadza, Berberati, und im Zipfel nördlich davon in Belianu, Dauda und Ngbafio (Bafio). Ich kenne nur die Schmelzöfen im nördlichen Buligebiet und bei den Baja-Kaka, die ich im folgenden beschreiben werde.

Eine so wichtige Sache wie die Eisengewinnung geht natürlich auch hier nicht ohne „Medizinen" ab. Man muß sich höchstens wundern, daß es nur so wenige sind. Eine Medizin, die häufig angewandt wird, besteht darin, daß man ein Zweigstück des Erythrophloeum (*mgbăndă*), das die Zauberwesen abhalten soll (weil aus Erythrophloeum der beim Gottesgericht benutzte Gifttrank bereitet wird), wenn sie einen Anschlag gegen die Schmelze planen, mit dem Flügel eines Kükens unter die Dachlianen steckt. Eine zweite ist ein Zweig des Baumes *tarĕli*, der an den Mittelpfeiler gebunden wird und auch gegen die Zauberwesen aufgestellt ist.

Der Häufigkeit entspricht auch der billigere Preis für die Einrichtung einer neuen Schmelze. Hier bekommt der Sachverständige, wenn er etwa drei Öfen, die in einer Schmelze vereinigt sind, fertiggestellt hat, nur eine Ziege oder fünf Hühner zu 2 M. Dazu muß ihm allerdings noch während der Arbeit Verpflegung gegeben werden, deren Hauptbestandteil ein Huhn bildet.



Abb. 6.
Eisenschmelze der Baja-Kaka aus dem Dorfe Ndangolo bei Carnot.

Die Eisensteingruben gehören auch hier niemandem. Das Eisenstein heißt *ta bòlò*, wörtlich Stein [des] Eisens.

Im Gegensatz zu Bosum, wo der Besitzer des Schmelzofens die Herstellung des Eisens nicht aus der Hand gibt, kann hier jeder gegen Bezahlung sich Eisen schmelzen. Früher mußte er für drei Schmelzungen eine Ziege an den Besitzer bezahlen, heute ist jedoch auch das billiger geworden, und er kann für dasselbe Geld fünf Schmelzungen machen.

Von Schmelzplätzen kann man bei den Südbaja nicht mehr reden, da sich alle Arbeiten in der Schmelzhütte und deren Umgebung abspielen. Die Schmelzhütten, *bagădu, auch găra*, roh hergestellte Kegeldächer, die auf ein von Gabelpfählen gestütztes Lianenrund gesetzt sind, stets aber einen Mittelpfeiler haben, befinden sich im Dorfe selbst, d. h. innerhalb der Häusergruppen, freilich aber meist hinten. Nur dann, wenn die Eisenfundstellen weit entfernt vom Dorfe liegen, ist auch die Hütte dort errichtet.

In der Hütte ist um den Mittelpfeiler eine etwa 30 cm hohe runde Plattform gebaut, auf der meistens mehrere Öfen mit dem Rücken gegen den Mittelpfeiler angebracht sind. Ich zählte zwei, vier und mehr, sehr selten bloß einen. Eine solche Zusammenstellung von Schmelzöfen, deren Zahl vier beträgt, zeigt die Abb. 6, die aus dem Dorfe Ndangolo's stammt. Sie ist vom Eingange aus aufgenommen. Die Errichtung mehrerer Öfen in einer Schmelzhütte hat sich, wie mir erzählt wurde, daraus ergeben, daß die Besitzer möglichst viel Leute zur Blasarbeit zusammenbekommen wollen, da es sich in so großer Gesellschaft noch einmal so gut arbeitet, und sie daher leichter Leute bekommen, als wenn nur ein Ofen vorhanden ist. Die ganze Anlage zeigt im Grundriß Abb. 7.

Der Ofen selbst ist in Abb. 8 dargestellt. Er heißt *gbána bòlò*, d. h. Topf für Eisen oder *gbána dòlà*, d. h. Topf für Eisenstein. Es ist ein 1 m hohes und 1/2 m breites topfartiges Gebilde aus Lehm mit 6 cm dicker Wandung, das derart auf den Rand der Plattform gesetzt ist, daß sein vorderer Teil, in dem sich die Türöffnung befindet, mit dem Rande der Plattform abschließt, die innerhalb des Ofens jedoch weggenommen ist. Die Öfen werden durch einen Stock am hinteren Ende und meist noch durch zwei an der Seite gestützt und durch ein dünnes eisernes Band, das die vordere Hälfte umschließt, festgehalten. Das Eisenband, das an den Enden mit Ösen versehen ist, ist mit einer dicken Schnur um die beiden Seitenpfähle gebunden. Die Schnur setzt sich nach hinten zu fort, und ist an dem Hinterpfahle befestigt. Dadurch hält sie auch die hintere Hälfte zu-

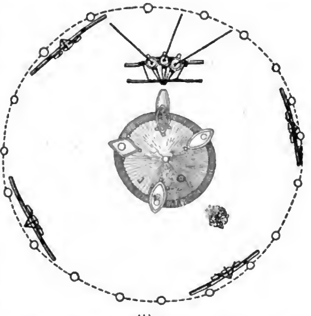


Abb. 7.
Grundriß der Eisenschmelze der Baja-Kaka aus dem Dorfe Ndangolo. Der eine Ofen ist beschickt, davor liegt das Gebläse.



Abb 8
Schmelzofen der Baja-Kaka von der Seite gesehen.



Abb. 9.
Gebläse der Baja-Kaka, vor der Schmelzhütte aufgestellt.

sammen. Die Baja unterscheiden der Gestalt nach zwei Arten, die jedoch technisch keine Bedeutung haben. Bei der einen nämlich hat die Mündung einen linsenförmigen Grundriß und ist kleiner. (Sie nennt man *tŭnga-gbana*, d. h. weiblicher Topf, oder *bŏkŏ*.) Dieser Art gehören die beiden Öfen vorn und rechts in Abb. 6 an, vgl. auch Abb. 7. Die zweite Art hat eine rautenförmige Öffnung, die zugleich meist größer ist (und heißt deshalb *wui-gpana*); Abb. 6 linker Ofen, Abb. 7 und 8.

Zu jedem Ofen gehört nun eine Düse und ein Gebläse, die immer wieder benutzt werden. Die Düsen liegen, wenn der Ofen nicht im Betriebe ist, auf der Plattform herum, während das Gebläse an das Rund des Hauses gestellt wird. Die Düse (*ngęnę*), ist eine kurze trichterförmige Tonröhre; man sieht sie auf Abb. 6 links liegen.

Das Gebläse (*kŭmbă*) ist eine Vereinigung von drei einzelnen Blasebälgen (die ebenso genannt werden). Der Blasebalg ist aus Holz gearbeitet und trägt im Gegensatz zu der gewöhnlichen Form, wie die Pangwe ihn haben, nur eine Ohröffnung und infolgedessen auch nur eine Blasöffnung. Sein Röhrenteil ist auch nicht viereckig, wie bei jenen, sondern rundlich, nach der Spitze zu dünner. Auf das Ohr ist ein Fell gesetzt, das in der Mitte an einem ungefähr $1^1/_2$ m langen Zugstock (*tẻ kumba*) festgebunden ist und mit einer Schnur um das mit einer Rille versehene Ohr befestigt wird. Die drei Blasebälge sind, wie Abb. 9 zeigt, vorn und hinten an dicke Stämmchen derart geschnürt, daß sie vorn mit den Öffnungen aneinander zu liegen kommen. Um die beiden Stämmchen, auf denen die Blasebälge ruhen, zusammenzuhalten, sind sie rechts und links mit einem starken Lianentau verschnürt. Während die Düse von jedermann hergestellt wird, kann nicht jeder einen Blasebalg machen. Vielmehr verkaufen die betreffenden Holzschnitzer, die sie machen, ihre Erzeugnisse ziemlich weithin. So z. B. stammte das Stück von Gadsa aus Belianu.

Die Verhüttung ist bei den Südbaja ein richtiges kleines Volksfest. Der Besitzer ladet sich die nötigen Leute ein, wie man wohl sagen kann, denn sie werden in den Pausen reichlich mit Fleisch, Sesamgemüse und anderem gutem Essen bewirtet und durch Musikkünstler, die ihre neuesten Weisen zum besten geben, unterhalten. Dafür bekommen sie auch allerdings gar keinen Lohn.

Soll der Ofen oder vielmehr die Öfen — zwei werden immer zu gleicher Zeit in Betrieb genommen — beschickt werden, so versammelt sich alles im Hause. Der Eisenstein ist bereits vor der Hütte zusammengetragen, und einige Leute beginnen damit, ihn durch Aneinanderschlagen in der Hand zu zerkleinern (*egba tă* = zerteilen [die] Steine). Zugleich beginnt der Besitzer mit der Ausfüllung der Türöffnung, die aber nicht einfach zugemauert wird, wie sonst überall, sondern noch einen schnauzenartigen Vorbau (*hāl dola*), die sogenannte „Brust“, bekommt (vgl. Abb. 7 oben). Diese wird folgendermaßen hergestellt (Abb. 10 u. 11): Man legt zuerst einen Wall (a) von 30 cm Höhe etwa halbkreisförmig in die vor der Ofentür liegende Grube, und zwar so, daß der Wall an beiden Seiten an die Wandung der Türöffnung anschließt. Dann legt man einen Lehmklumpen (b) von derselben Höhe in der Mitte vor den Wall, den man mit Lehm an den Halbkreis anschließt (c). Dieses ist der Grundteil der Brust. In die halbkreisförmige Vertiefung vor der Türöffnung wird etwas trockenes Gras geworfen, darauf Holzkohle. Nun wird die Wandung der Brust gebildet, indem man die Düse (d) mit der breiten Öffnung nach vorn so auf den Lehmklumpen legt, daß sie nicht übersteht, und sie dann einmauert, indem man den Lehm darüberlegt und ihn zu einer Wölbung ausbaut, bis er den oberen Rand der Türöffnung erreicht.

Anderswo macht man die ganze Sache einfacher und führt die Brust als Ganzes auf, indem man auch hier die Düse an derselben Stelle einmauert. In diesem Falle wurde die Brustwand außen durch angelegte Steine und Schlacken geschützt.

Wenn alles so weit zubereitet ist, geht es an das Beschicken (*e hulu dola*, eigentlich Eisenstein in den Vorbau [*hul*] tun). Dazu wird Holzkohle (*kə*) in den Ofen hineingeschüttet, etwa dreiviertel voll, und darauf an der Rückwand zerkleinerten Eisenstein (e) aufgelegt (vgl. Abb. 10). Durch die Düse führt man ein Stück glühender Holzkohle ein, und nun setzen die Leute das Gebläse (f) an, beschweren die Enden der beiden Tragbalken jederseits durch einen Stein oder ein dickes Stück Stamm, stellen wohl auch einen Fuß darauf, damit das Gebläse festliegt, und ziehen im Stehen den Blasebalg (*e fö dŏlå*, wörtlich: anpusten Eisenstein), indem jeder den Zugstock des Blasebalges faßt und mit der rechten oder, wenn er müde ist, mit der linken Hand auf und nieder stößt. Es gehören also zu jedem Gebläse drei Mann, die ständig arbeiten und, da sie abgewechselt werden müssen, noch sechs andere. Natürlich werden die Leute nicht so streng abgezählt, sondern es springen hie und da mal für kurze oder längere Zeit andere Leute ein, da die ganze Gesellschaft, wie es bei den Negern üblich ist, die dargebotenen Speisen mit vertilgen hilft und sich daher auch die übrigen weniger starken oder älteren Zuschauer verpflichtet fühlen, mal mit einzuspringen.

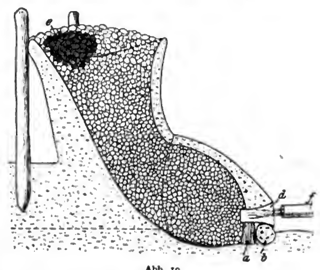


Abb. 10.
Beschickter Schmelzofen der Baja-Kaka mit angebauter Brust im Durchschnitt. Davor das Ende des Gebläses.

Der Schmelzvorgang dauert hier kürzere Zeit als in Bosum, denn ich konnte feststellen, daß die Leute von 9 Uhr abends bis zum Tagesanbruch, also im ganzen 9 Stunden gearbeitet hatten.

Um die Luppe, (*bólò* = Eisen), zu bekommen, bricht man die Brust ab und gewinnt das Eisen in ähnlicher Weise wie früher beschrieben. (Die Schlacke heißt *dor bólò* = Kot [des] Eisen[s].)

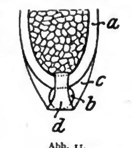


Abb. 11.
Brust eines Schmelzofens der Baja-Kaka vor dem Aufbau der Wandung.

C. Eisengewinnung bei den Baja-Kala.

Das Gebiet, in dem von den Baja-Kala Eisen gewonnen wird, ist lange nicht so ausgedehnt wie bei den Südbaja. Es ist vielmehr nur ein verhältnismäßig kleines Gebiet westlich und südwestlich von Buar in einer Längenausdehnung von 50 km. Die Orte, in denen sich Schmelzstellen befinden, sind folgende: Buar, Bumba, H. Nsotua, Sauruar, Bukakara, H. Bangoto, Bokowui, H. Galo, Bugenemo, H. Kotoko und Mere. Außerdem fand ich eine verlassene Schmelzstelle östlich von Mbómbse, H. Ssamba.

Die Schmelzplätze der Baja-Kala befinden sich im Gegensatz zu den anderen, die wir besprochen haben, nicht im oder beim Dorfe, sondern meist ziemlich weit entfernt in der Nähe der Fundplätze des Eisensteines. In Bumba, H. Nsotua, wo ich mir den Schmelzbetrieb angesehen habe, befindet sich die Schmelzhütte einige Minuten von den Eisengruben entfernt am Ufer eines kleinen Baches, der in den Nana fließt, des Bakunde.



Abb. 12.
Vor der Eisenschmelze der Baja-Kala in Nsotua. Die Leute waschen den zerriebenen Eisenstein im Bache.

Die Anlage des Schmelzplatzes war außerordentlich praktisch, wie man es wohl selten wiederfindenwird: Auf einem etwas erhöhten Platze an einem Knie des Baches war die Hütte so errichtet, daß man nach vollendeter Schmelzung die glühende Luppe gleich in das seichte Wasser schleifen und so abkühlen konnte, außerdem war die Stelle so günstig, daß man bequem von einigen Stöcken aus, die als Brücken über den Bach gelegt waren, den Eisenstaub auswässern konnte. Einen Blick auf die Hütte und die bei der Auswässerung beschäftigten Leute zeigt Abb. 12.

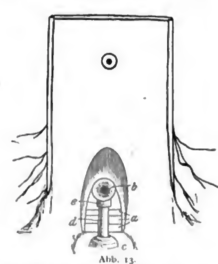


Abb. 13.
Schmelzofen der Baja-Kala von vorn nach dem Einbau der Düse.

Die Schmelzhütte selbst ist, ähnlich der von den Baja-Kala beschriebenen, eine schlecht gebaute Kegeldachhütte auf einem von Gabelpfählen gestützten Rund und hat ebenfalls einen Mittelpfeiler. Vorn war das Dach durch zwei Galgen hochgestützt, deren Gabelpfähle beiderseits eines 1 m breiten nach oben hin ansteigenden Ganges, der zum Ofen führte, eingerammt waren (vgl. Abb. 12).

Der Schmelzofen, Abb. 13, ist ein vorn 2 m hoher und 112 cm breiter Lehmbau von halbkreisförmigem Grundriß, der links vor dem etwas exzentrisch stehenden Pfeiler errichtet ist. Die Seite, welche den Durchmesser bildet, steht dabei nach vorn. Da die Bodenfläche in der Hütte nach hinten zu bedeutend ansteigt, so war der Ofen hinten nicht ganz halb so hoch wie vorn über dem Gange. Besonders auffallend ist, daß diese Öfen nicht so dünnwandig sind wie die, die wir schon kennengelernt haben, sondern außerordentlich dickwandig, so daß der Schachtraum nur eine lichte Weite von 36 cm hat. Dieser Raum setzt sich nach vorn in einem Bogen fort, indem er sich verbreitert, und mündet an der Vorderseite als Türöffnung, die

aber auch nur 36 cm breit und 48 cm hoch ist. Außerdem hat der Raum noch ein 4 cm breites Ausführungsloch, das 40 cm unterhalb des Randes auf der Vorderseite herauskommt und um dessen Mündung etwas Lehm vorgebaut ist. An der Hinterseite des Ofens und um den Mittelpfeiler herum war der Boden durch aufgeworfenen Lehm etwas erhöht, so daß man ihn als Stufe benutzen konnte, um bequem in den Innenraum hineinsehen zu können. Außerdem war eine kleine Stufe angebracht, auf die später eine Topfschale mit dem Eisenstaub gesetzt werden kann.

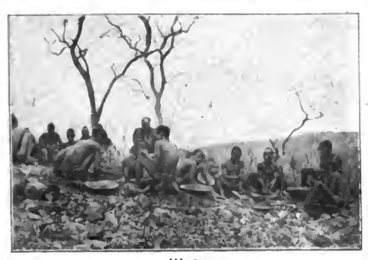


Abb. 14.
Eisenschmelzerei der Baja-Kala in Nsotua. Zerreiben des Eisensteines am Fundplatze.

Die Düse (hier *kăžămbå* genannt), ist eine Tonröhre, die am Munde trichterförmig ausgebogen ist. Die Öffnung ist bedeutend größer, als bei den Düsen der Südbaja, die Röhre selbst ist ungefähr 60 cm lang.

Auch bei diesem Ofen werden zur Erzeugung des Luftstromes drei einohrige Blasebälge benutzt, die jedoch erst bei der Schmelzarbeit zu einem Gebläse vereinigt werden.

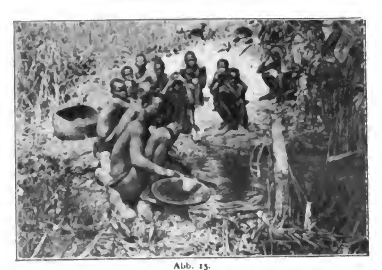


Abb. 15.
Eisenschmelze der Baja-Kala in Nsotua. Waschen des zerriebenen Eisensteines im Bache bei der Schmelzhütte.

Die Blasebälge (*kŭmbă*) sind bedeutend leichter herzustellen als die bisherigen. Sie werden nämlich aus Lehm gefertigt und zwar in ähnlicher Form wie die aus Holz bei den Baja-Kaka. Die Unterseite ist ziemlich flach, was wohl durch die Herstellung auf dem Boden zu erklären ist. Auf das Ohr wird ein Stück Fell gebunden, das in der Mitte mit einer Schleife aus demselben Stoff versehen ist. Sie werden in der Schmelzhütte aufbewahrt.

Nunmehr gehe ich dazu über, die Verhüttung, wie ich sie im Dorfe Nsotua's gesehen habe, zu beschreiben.

Die Zubereitung des Eisensteines (*tă bŭlŭ*) ist bei den Baja-Kala eine viel bessere als irgendwo anders. Er wird nämlich zu feinem (*bvŭ ta bŭyŭ* [= *bŭlŭ*]) Staube zerrieben. Für diese Arbeit und die weitere Zubereitung braucht man allerdings

einen Tag. Die Leute begaben sich morgens an die Stellen, wo sich das Gestein findet und die etwa 20 Minuten von dem Dorfe entfernt sind. Hier wird nicht, wie sonst, das Gestein der Oberfläche genommen — das sei durch die Sonne zu sehr gehärtet, sagt man —, sondern etwa einen halben Meter unter der Oberfläche abgebaut. Die Brocken, die man hier gewann, wurden an Ort und Stelle auf Steinen durch Schlagen mit kleineren Steinen zerkleinert und zu Staub zerrieben (*o hŏn a tă bŭlŭ* = [zu] zerreiben Steine [des] Eisen[s]), Abb. 14. Der Staub wurde dann in großen flachen Holztellern zum Schmelzplatz gebracht und dort von der Brücke aus, die, wie beschrieben, über den Bach gelegt war, gewaschen, Abb. 15. Darauf schüttete man ihn in kleinen Haufen in der Nähe der Hütte aus, um ihn so trocknen zu lassen. Am anderen Tage wurden die Waschung und das Trocknen sorgfältig wiederholt.

Dann wurde der Ofen hergerichtet, indem man die Ritzen und die kleinen Höhlungen besonders innen gehörig mit Lehm ausschmierte. Hierauf wurde die Tür geschlossen und die Düse eingebaut. Zu diesem Zwecke bildete man drei brettförmige Stücke aus Lehm Abb. 13 a, die von unten her übereinandergesetzt wurden un die Öffnung bis auf den oberen Teil ausfüllten. In diese Lücke wurde nun die Düse (b) eingesetzt, und zwar so, daß das Ende gerade in die Mitte des Innenraums zu liegen kam, während die Mündung nur einige Zentimeter weit vorstand. Sodann füllte man die Hohlräume um die Düse mit angefeuchteter Erde aus und stützte den unteren Rand, damit die Düse die Lehmplatte nicht herausdrücken konnte, setzt dazu ein Stück von einem alten Düsenrohr (d) auf einen Lehmklumpen (c), der vor die Tür gelegt wird, legt auf das andere Ende der hochgestellten Röhre einen gleichen Klumpen (e), und schiebt ihn unter den Rand der Mündung. Für diese Röhre, die die Düse stützt, hatte man den Namen *töndüdü*.

Nunmehr kann der Ofen beschickt werden. Der Eisenstaub ist zum zweitenmal getrocknet und wird in eine Topfscherbe gefüllt, die auf die rechts am Ofen befindliche Stufe gestellt wird. Während die Leute den Ofen bis fast an den Rand voll Holzkohle schütten, die man in der Hütte aufgehäufelt hatte, machte sich der Besitzer, als ein guter Zauberer und Medizinmann, daran, den Eisenstaub zur Verhüttung zuzubereiten, indem er ihn mit einer glückbringenden Medizin vermischte. Sie besteht aus abgeschabter Wurzelrinde der Pflanze *nai*, die unter Zugabe von etwas Wasser vermengt und ordentlich durchgeknetet wird. Darauf nahm er zwei Hände voll von dem Eisenstaub und packte ihn oben auf die Holzkohle, jedoch an die Hinterwand, worauf er noch ein wenig Holzkohle darübertat. Jetzt kam die eigentliche Medizinhandlung, die der ganzen Schmelzung erst den richtigen Segen gibt. Er nahm nämlich ein Küken, das man ihm gebracht hatte, an die Beine und schlug es leicht überall an den Ofen, an den andern Eisenstaub, der in einem Korbe aufbewahrt wurde, an die Betten im Hintergrunde der Hütte, an die vier Gabelpfähle der Galgen, an die Blasebälge usw. Schließlich zupfte er fünf Federchen aus dem Flügel und steckte sie auf den Lehmkopf, in den das obere Loch mündet. Von nun an durfte nur mehr der Besitzer den Ofen berühren. Was das Küken hier und bei den Südbaja bedeutet, konnte man mir nicht bestimmt sagen, es hieß nur, es sei eine Medizin, die Glück bringt und die Schmelzung gelingen läßt. Wahrscheinlich hat das Küken dieselbe Bedeutung, wie das Huhn, das als Schmiedemedizin bei den Pangwe vorkommt[1]).

---

[1]) Siehe Günter Tessmann, Die Pangwe, Bd. I, S. 236.

Die Schmelzarbeit wird nun eingeleitet, indem man die drei Blasebälge auf zwei über den Graben gelegte dickere Stämme legt, und zwar so, daß ihre Mündungen in geringem Abstand voneinander vor die Düsenöffnung zu liegen kommen. Dies wird dadurch erreicht, daß man zwischen die Spitzen Lehmklumpen klebt, die sie in der richtigen Lage erhalten, manchmal auch darunter, wenn der eine zu tief liegt. In gleicher Weise werden die Ohren durch Unterschieben von etwas Lehm auf dem hinteren Stamme festgeklebt. Der vordere Stamm wird an den Seiten durch aufgeworfenen Lehm an den Boden festgehalten. Man sieht aus dieser Aufstellung, daß die Baja-Kala gern Lehmarbeiten machen, und daß das Gebläse, wie es hier zusammengestellt ist, eine notdürftige Vorstufe zu der festen Verbindung der Blasebälge der Südbaja bildet.

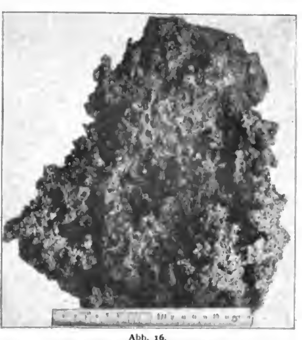


Abb. 16.
Luppe von den Baja-Kala in Nsotua gewonnen.

Nunmehr beginnen die Blasebalgzieher, sich auf einen dicken Stamm, der ebenfalls über den Graben gelegt wird, niederzulassen, und den Blasebalg zu ziehen, indem sie den Daumen durch die Schleife stecken und mit den übrigen vier Fingern das Fell auf und niederstoßen. Wenn sie dabei in Eifer geraten, machen sie die Finger flach und stoßen so das Fell nieder. Ich bemerkte ferner, daß meist ein Mann zwei Blasebälge bearbeitete und ein zweiter Mann den dritten. Vielleicht liegt das daran, daß es sich zu dreien sehr unbequem in dem schmalen Graben sitzen läßt. Etwa eine halbe Stunde nach Beginn der Arbeit nahm der Besitzer einen Span und zündete damit die aus dem oberen Loche und zu Seiten der Düse hervorströmenden Gase an, worauf schöne blaue Flammen herausschlugen, die, falls sie ausgingen, wieder hervorgerufen wurden. Wenn der Inhalt des Ofens etwas niedergebrannt war, wurde neue Holzkohle und neuer Eisenstaub in derselben Weise wie im Anfange nachgefüllt. Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, daß auch hier, wie bei den Baja-Kaka und den Pangwe, der Lärm und das Konzert auf Musikinstrumenten, hauptsächlich mit den ganz einfachen Stöckchen, die im Takte aneinandergeschlagen werden, nicht fehlen dürfen.

Hier war die Zeit, die zur Schmelzung nötig war, noch kürzer, als bei den Südbaja. Die Schmelzarbeit dauerte nur $5^1/_2$ Stunden.

Am Ende der Schmelzarbeit nahm man die Düse heraus, brach die Türfüllung fort und schleifte die herausfallende Luppe (Abb. 16), hier *dźŭ bŭlŭ* = Kopf [des] Eisen[s] genannt, mit einem Lianentau in den Bach.

2. Eisenverarbeitung.

Hergestellt werden aus Eisen folgende Gebrauchsgegenstände:

I. Werkzeuge des Schmiedes.

1. Kurzes großes Schmiedeeisen (*nanga foro*).
2. Langes großes Schmiedeeisen (*mbungo*).
3. Eisen zu Herstellung der Tüllen (*ndung-bia*).
4. Eisen zum Ausschmieden der Klingen (*gbedon*).
5. Meißel (*gbela*).
6. Zange (*zama*).

II. Werkzeuge für Ackerbau, Jagd und Fischfang.

1. Axtklinge.
2. Hackenklinge.
3. Schaufelklinge.
4. Klinge für die Grassichel.
5. Haken zum Fangen von Feldmäusen und Eidechsen.
6. Spitzen und Haken für die Vogelspeere.
7. Speerartiges Eisen für die Elefantenfalle.
8. Kleiner und großer Angelhaken.

III. Werkzeuge anderer Art.

1. Nähnadel.
2. Große Nadel zum Aufreihen von Fischen.
3. Klingen kleinerer Messer (*bepa*).
4. Klingen größerer Messer (*dzil*).
5. Klingen von Rasiermessern (*pali*).
6. Haken zur Ziernarbenherstellung.
7. Werkzeug für die Zahnverstümmelung.
8. Deisselklingen.
9. Bohrerklingen.
10. Eisen zur Feuererzeugung.
11. Ring zur Herstellung der Topfverzierung.
12. Band um die Schmelzöfen der Südbaja.
13. Spange als Verschluß der Felltasche zum Aufbewahren von Medizinen.

IV. Schmuck.

1. Haarpfeile.
2. Ohrringe.
3. Armringe und Armbänder (*kana*).
4. Arm(Bein-)spangen.
5. Fingerringe.

V. Geld.

VI. Musik- und Sprechinstrumente.

1. Doppelglocke.
2. Eiserne Schallverstärker auf den Sansastäbchen.
3. Einfache Signalglocke.
4. Hundeglocken.

VII. Waffen.

1. Speerklingen verschiedener Art.
2. Pfeilspitzen verschiedener Art.
3. Wurfmesserklingen verschiedener Art.
4. Schwertklingen.

Der Schmied heißt (*wui*) *kŏtĕ dulimŏ*, d. h. (Mann) [er] stampft Eisensachen. Eine gesellschaftliche Ausnahmestellung nimmt er ebensowenig wie bei den Pangwe ein. Auch ist der Betrieb in den Schmieden ähnlich wie dort, nur hat sich noch keine regelrechte Bezahlung des Schmiedehandwerks herausgebildet. Will sich jemand einen eisernen Gegenstand schmieden lassen, so muß er das Eisen und die Arbeitskraft zum Ziehen des Blasebalges liefern, dem Schmied selbst schenkt er nur ein Stück Fleisch, oder wenn es größere Sachen sind, gibt er ihm sozusagen ein größeres Essen.

Irgendeine Medizin ist immer in der Schmiede angebracht oder aufgestellt. In der Schmiede des alten Häuptlings von Bosum befand sich die Darstellung eines Ahnen, nämlich des Vaters des Schmiedes, an der Seite des Hauses. Es war dies nur ein rohes Stammstück. In ziemlich langen Zwischenräumen, etwa halbjährlich einmal, wird ein Huhn so darauf geopfert, daß das Blut über die Figur rinnt. Durch diese Medizin sucht sich der Besitzer den Beistand seines verstorbenen Vaters, der nebenbei bemerkt gar nicht selbst schmieden konnte, zu erwerben, damit die Arbeiten so gelingen, wie er wünscht. Auch bei den Pangwe besteht die Hauptmedizin, die hier unter der Schmelzgrube eingegraben wird, in Schädelstücken und Gehirnmasse von Ahnen, ferner dürfen nur Leute, die sich mit dem Ahnenkult abgeben, das Feuer schüren[1]). Der Gedanke, daß Wasser, insbesondere in diesem Falle Speichel, nicht in unmittelbare Berührung mit dem heiligen Feuer gebracht werden darf, hat zu der Medizin (*a bă gbāli*, d. h. „Palaver" mit dem Schmiedeplatz) geführt. Sie wird gemacht, wenn sich jemand beim Schmieden die Finger verbrennt und sie zur Kühlung in den Mund steckt. In diesem Falle muß dem Schmied ein Huhn geschlachtet werden, dessen Kopf an einem Stäbchen unter das Dach gesteckt wird. Das Huhn tritt hier wieder auf genau wie bei der Eisengewinnung der Südbaja und Baja-Kala. Bei den Baja-Kala in Bombut sah ich eine dünne Schnur, die an den Kreislianen des Daches angeknüpft war, quer durch den Raum vor dem Schmiedeplatz ausgespannt. An ihr hingen als Medizin zwei Welsköpfe. Man gab mir dazu die Erklärung, die ich schon erwartet hatte: Das Eisen soll so geschmeidig sein wie der Wels. Sollte einer das Tau versehentlich durchreißen, so muß er Strafe zahlen.

Das Schmiedehandwerk wird meist vom Vater auf den Sohn oder auf nahe Verwandte übertragen, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil die großen Schmiedeeisen auf diese Personen übergehen oder vererbt werden. Die großen Schmiedeeisen sind nämlich schwer herzustellen und überdies verstehen es nur wenige Schmiede. Ihre Beschaffung ist daher der Hauptpunkt für jeden Neuling im Schmiedegewerbe. Verkauft werden sie nicht, und wenn man weiß, welche Schwierigkeiten es kostet, einen Baja dahin zu bringen, für jemand anders zu arbeiten, so wird man sich vorstellen können, daß eine Erwerbung oder Neuherstellung solcher Werkzeuge außer dem oben genannten Fall der Vererbung nur im Gefolge einer Heirat vor sich gehen kann, d. h. nur wenn der zukünftige Schwiegervater des Schmiedes

[1]) Günter Tessmann, Die Pangwe, Bd. I, S. 225 u. 226.

auch die Bezahlung von Schmiedewerkzeugen zur Bedingung macht, geht der verliebte Schmied daran, sie neu herzustellen.

Die Erlernung des Handwerks selbst ist mit keinerlei größeren Umständen verknüpft. Wer gern Schmied werden will, sieht sich die Sache an, hilft zuerst dem Meister blasen, stellt dann leichtere Gegenstände, wie z. B. Nadeln und Ähnliches, her und geht nach und nach zu schwierigeren Sachen über. Ist der Jünger nicht aus demselben Dorfe, so empfiehlt es sich, daß er sich durch Stiftung eines guten Mittagessens, in der Hauptsache natürlich von Fleisch, beim Meister beliebt macht, damit der ihm Bescheid sagt, wann geschmiedet wird.

Die Schmiede (*tua dŏra*, d. h. Haus des Eisens) befindet sich im Dorfe und trägt überall ein Kegeldach, das auf ein durch Gabelpfähle gestütztes Rund von Lianen gesetzt ist und meist von einer alten Hütte stammt. Daher ist das Dach der Schmiede auch meist recht schadhaft oder schlecht ausgebessert. Bei den Baja-Kala befindet sich noch mitunter eine gebogene Schutzwand vor den Pfählen der hinteren Seite. Die innere Einrichtung der Schmiede ist folgendermaßen: An der hinteren Seite liegt der Sitz des Blasebalgziehers, ein erhöhter Platz aus Lehm oder ein Stein. Davor, in gewissem Abstande, sind zwei Stöcke eingerammt, zwischen die die Spitze des Blasebalges zu liegen kommt. Von den Stöcken trägt häufig der eine eine Gabel, auf die der Blasebalg nach Schluß der Arbeit gehängt wird. (Sie heißen *gbīngi*.) Vor den Stöcken liegt die Düse, eine kurze Tonröhre mit trichterförmiger Öffnung, oder (so in Bombut) ein walzenförmiges, vorn dickeres Stück Termitennest. (Die Düse heißt *nŏtŏb*, d. h. Höhle der Nase.) Vor der Düse (immer von vorn gesehen) befindet sich ein kleines Loch, die Schmiedegrube (*sala kusi*). Der Name bedeutet eigentlich Mitte des Termitennestes und rührt von dem Feuerplatze des Hauses her. Die Steine, auf die der Topf gesetzt wird, sind nämlich aus Stücken des Termitennestes hergestellt und heißen heute, auch da, wo sie bloße Steine sind, *kusi* = Termitennest. In der Mitte zwischen den Steinen war also die „Mitte der Termitenneststücke", eine Bezeichnung, die wir mit „Feuerplatz" wiedergeben können. Von hier aus wurde sie auf die Schmiede übertragen. Nach vorn zu wird die Schmiedegrube bei den Baja-Kala durch eine kurze bogenförmige Lehmmauer abgeschlossen. Sie soll die Hitze zurückhalten. Links von der Düse ist der Platz des Schmiedes, der sich entweder einen Schemel mitbringt oder ein Stück Holz unterschiebt. Hinter dem Platze des Schmiedes ist ein Topf mit Wasser in den Boden gegraben oder ein ausgehöhlter Stein, in den Wasser gegossen wird (*kobo*), hingesetzt. Zwischen ihm und dem nächsten Stock, der das Blasebalgende hält, ist ein kleiner ausgehöhlter Stein (*dun*) gesetzt. Auf ihn legt man die Roheisenbrocken. Vor dem Platze des Schmiedes liegt ein größerer Stein, der als Amboß (*ta dulimo*) dient, daneben ein zweiter, auf dem kleinere Gegenstände bearbeitet oder Messer geschärft werden. Auch an der anderen Seite der Schmiedegrube sehen wir einen weiteren Amboßstein für einen zweiten Schmied oder den Lehrling. Zum Zusammenschlagen des Roheisens ist ein eigener flacher Stein (*ta lu dolo*) vorhanden und überdies noch einer oder mehrere andere, auf denen Gehilfen, zumal einer der das Roheisen zerschlägt, sitzen können. Er heißt *ta dun mo*. Das letzte größere Stück der festen Einrichtung ist ein in Bosum mehr längliches, in Bombut rechteckiges Stück Holz, das in der Mitte durchlöchert ist. Es heißt *dăngo* und dient dazu, das große Schmiedeeisen festzuhalten, wenn feinere Sachen darauf ausgestampft werden sollen. Für gewöhnlich liegt es irgendwo in der Schmiede auf dem Boden herum.

Soll geschmiedet werden, so legt der Schmied den Blasebalg, vorausgesetzt, daß es ein beweglicher ist, mit dem Ende zwischen die beiden Haltestöcke und beschwert ihn durch einen daraufgelegten Stein.

Der Blasebalg der Bosum (*dufu*) ist im Gegensatz zu allen übrigen Blasebälgen der Baja und in Übereinstimmung mit denen der Pangwe ein doppelohriger. Er ist aus Holz hergestellt und am Ende zu einem kleinen Anfasser ausgeschnitzt, die Ohren sind mehr rechteckig. Sie werden durch Felle überdeckt, in deren Mitte kleine Schleifen aus Leder aufgenäht sind. Sie werden daher gestoßen in derselben Art, wie die der Schmelzöfen der Baja-Kala. Den Holzteil nennen die Baja *tē* (= Holz) *dufu*, die Felle *yö* (Leder) *dufu*.

In manchen Schmieden der Baja-Kala, so z. B. im Dorfe Bodomo, H. Ndungi (südlich von Buar), sah ich eine eigentümliche Form des Blasebalges: Der Hauptteil bestand in einem fest auf den Boden gemauerten Sockel, in den an Stelle der Ohren eine große Höhlung eingegraben war, von der zwei Gänge nach vorn gingen. An sie schlossen zwei in den Sockel eingefügte Holzröhren an, die sich vorn nahezu berührten. Die Öffnung auf dem Sockel war mit einem kleinen Wall umgeben, an den die Felle angebunden werden.

Schließlich sind die von den Haussa eingeführten Blasebälge, die den bei uns üblichen ähneln, viel im Gebrauch.

Die eigentlichen beweglichen Werkzeuge des Schmiedes sind ein Steinhammer zum Zusammenschlagen des Eisens, ein Anfasser aus Rinde, eine Eisenzange und verschiedene Eisenwerkzeuge zur Bearbeitung.

Abb. 17—22.
Werkzeuge des Schmiedes der Baja.
Abb. 17. Zange. Abb. 18. Langes großes Schmiedeeisen. Abb. 19. Kurzes großes Schmiedeeisen. Abb. 20. Kleines Schmiedeeisen. Abb. 21. Tülleneisen. Abb. 22. Meißel. Abb. 23. Speerblatt.
a) After. b) Bauch. c) Brust. d) Hals. e) Mund. f) Hoden. g) Augen. h) Halsknochen. i) Tülle. k) Loch. l) Mitte.

Der Steinhammer (*koē*) ist ein kindskopfgroßer rundlicher Stein in einem Lederband, das oben mit Lederstreifen verschnürt und mit zwei Henkeln versehen ist.

Der Anfasser heißt (*ndābū*) und besteht aus einem Stück Rinde, das in der Mitte umgeknickt wird.

Die Eisenzange ist ein überall gleich schmales Eisenstück, das an der einen Seite zu einem Halse und dann zu einem Kopfe zusammengebogen ist, an der anderen Seite wie eine Pinzette auseinandersteht. Es heißt *zāmā*. Die Benennung der Einzelteile zeigt Abb. 17. Man sieht dabei in dem Ende der Zange den Mund (*nnu*) e, in dem Hauptteile den Bauch (*zanga*) b, und in dem Griffteile die männlichen Geschlechtsteile, f. Dabei wird der Hals als Rand der Eichel (*Aēkaa*) und der Kopf als Hoden (*duma*) bezeichnet.

Von den eisernen Werkzeugen zur Bearbeitung des Eisens hat der Baja zwei große Werkzeuge, die er als *dōnô* dem kleinen *gbe* [= klein] *donɔ* gegenüberstellt und außerdem das Tülleneisen und den Meißel.

Die großen Schmiedeeisen (*donö*) sind zweierlei verschiedener Art. Das kurze große Schmiedeeisen dient zur gröberen Bearbeitung des Gegenstandes und heißt *nănga fórö*, d. h. wörtlich Fuß des Elefanten, da sein Mund dick und von rundem Grundriß ist. Gestalt und Benennung der Einzelteile siehe Abb. 19. Das zweite Werkzeug dieser Gruppe ist das lange große Schmiedeeisen *mbuṅgö*, das zu feineren Arbeiten gebraucht wird (Abb. 18). Sein „Mund",e, ist schmal, dann geht der Hauptteil, die Brust (*oma*), c, wie der Körper einer durch das Korsett verunstalteten Frau, immer schmäler zu, um sich plötzlich zu einem breiten Stück, dem „Bauch", b, zu erweitern, der in einem kurzen Stück, dem „After" (*ndălăă*), a, endigt. In dieser Dreiteilung und in der Verwendung entspricht es dem großen Schmiedeeisen der Pangwe[1]), während das vorige dem kleinen Schmiedeeisen[2]) entspricht. Das kleine Schmiedeeisen (Abb. 20) heißt *gbe don* = kleines Schmiedeeisen, oder *gbe nanga fórö* = kleiner Elefantenfuß. Der „Mund", e, des kleinen Schmiedeeisens hat rechteckige Gestalt, im übrigen geht es rheinweinflaschenförmig zu. Es dient besonders zum Ausstampfen des Randes der Klingen.

Das Tülleneisen (Abb. 21) hat einen breiten, rechteckigen Mund und geht spitz zu, so daß der „After" nur eine kleine runde Fläche hat. Daher wird es mit dem Schwanze der Rohrratte Thryonomys (= *bíă*) verglichen und *ndŭng* (= Schwanz) *bíă* genannt.

Der Meißel (Abb. 22) ist ein ungefähr gleichbreites keilförmig zugehendes Stück Eisen, dessen „Mund" daher eine Schneide ist. Er heißt *gbélă* und dient zum Herstellen der Widerhaken bei den Pfeil- und Speerspitzen und der Verzierung.

Um noch einen Begriff über die Art zu geben, wie die verschiedenen Werkzeuge angewendet werden, und wie ein Gegenstand beim Schmieden entsteht, beschreibe ich in folgendem die Herstellung einer einfachen Speerklinge (*sele*).

Die Bezeichnungen der einzelnen Teile der Klinge sind aus der Abb. 23 zu ersehen. Man nennt die Tülle *fö sele*, das Halsstück, h, *gbana gela sele* = Knochen [vom] Hals [des] Speeres). Von dem Blatt unterscheidet man den Rand, a, als *nu sele* = Mund [des] Speeres, die Flächen, g, als *li sele* = „Augen" und die Rippe als *nék sele* = „Sehne" [des] Speeres.

Bei der Herstellung wird das Roheisen nach dem ersten Erhitzen zuerst mit dem kurzen, großen Schmiedeeisen (*na ngaforo*) zusammengeschlagen, dann nach erneutem Erhitzen mit dem Steinhammer auf dem Amboß zuerst roh, dann mit dem kurzen großen Schmiedeeisen (*nanga foro*) noch genauer vierkant wie ein Würfel zusammengeschlagen. Nun wird es wieder erhitzt und dann mit den beiden genannten Werkzeugen länglichrechteckig zugehauen. Jetzt — ich setze voraus, daß das Eisen dazwischen immer wieder erhitzt wird — plattet man die eine, die Tüllenseite, durch Stampfen mit dem kurzen großen Schmiedeeisen (*nanga foro*) ab, wodurch sie natürlich länger und breiter wird, und wiederholt das zweimal. Darauf nimmt man das lange große Schmiedeeisen zur Hand und schlägt in drei Malen die Tüllenseite so breit aus, wie sie werden soll, klopft sie glatt und glättet die Seite. Nun kommt das Formen der Tülle. Dazu legt man das Ende auf zwei dicke Schmiedeeisen und wölbt sie durch Klopfen mit dem langen großen Schmiedeeisen schwach aus, dann biegt man sie über dem Tülleneisen mit dem kurzen großen Schmiedeeisen auf einem Steine ein und wiederholt das zweimal, bis sich ihre Seiten vollkommen zusammenschließen. Nachdem das geschehen ist, faßt man das flache breite

[1]) Tessmann, Die Pangwe, Bd. I, S. 239, Abb. 187, Fig. 1.
[2]) Ebenda Fig. 2.

Ende des langen großen Schmiedeeisens und schlägt mit dem Bauchteile auf das Mittelstück, so daß dadurch nach dem drittenmal der Hals ausgeschmiedet ist, der dann nur noch mit dem stumpfen Ende dieses Werkzeuges unter Drehen des Eisens geglättet wird. Als dritten Teil arbeitet man das Blatt aus, indem man es mit dem kurzen grossen Schmiedeeisen ausstampft. Beim dritten Male dieser Bearbeitung wird die Mittelrippe angedeutet, indem man die Fläche schwach-giebelförmig zurichtet. Nunmehr steckt man das kurze grosse Schmiedeeisen in das durchlöcherte Holz (*dango*) und schmiedet nach schwacher Erhitzung des Eisens die Fläche aus, indem man es mit einem anderen kurzen grossen Schmiedeeisen auf den Mund des ersten stampft und zwar ziemlich lange, auch nachdem die Glut erloschen war. Als letztes wird der Rand mit dem kleinen Schmiedeeisen hergestellt. Damit ist die Speerklinge fertig, es erübrigt sich nur noch, den Rand auf einem Steine durch Hin- und Herreiben zu schärfen.

3. Gewinnung und Bearbeitung von Kupfer.

Das Kupfer heißt *gbe konga* oder *gbe kana*, das Kupfergestein *bulu gbe kana*. Es ist noch nicht sicher festgestellt, ob Kupfer im Bajagebiet vorkommt und ob die Baja es je gewonnen und verarbeitet haben. Gerüchte darüber, daß an bestimmten Stellen von den Baja Kupfer gewonnen wurde, sind zwar überall im Umlauf, kommt man dann aber zu den Plätzen, die als Kupfergebiete genannt wurden, so will kein Mensch mehr davon wissen.. Bei zwei Plätzen wäre die Möglichkeit des Kupfervorkommens, wenn man nach den Bajaerzählungen geht, nicht ausgeschlossen. Der eine ist Gadsa wo nach Mitteilungen der weiter westlich in Altkamerun wohnenden Baja und Kaka Kupfer gewonnen sein soll. Trotz aller meiner Bemühungen gelang es mir aber nicht, in Gadsa selbst von den Leuten irgend etwas herauszubekommen, auch blieben alle Nachforschungen an den Schmelzplätzen, die verschiedene Offiziere und ich selbst angestellt haben, ohne Erfolg: es handelte sich immer nur um Eisen. Trotzdem halte ich es nicht für ausgeschlossen, wenn auch für unwahrscheinlich, daß die Baja hier früher Kupfer gewonnen haben und nur die Plätze den Weißen nicht zeigen wollen. In Bosum und an manchen anderen Stellen, so in Carnot selbst, wurde mir versichert, daß an einem Platze am Oberlauf des Lobaje, vielleicht in Mbaui, Kupfer gewonnen werden soll.

Wenn überhaupt Kupfer früher irgendwo gewonnen ist, so scheint doch heute das meiste Kupfer sowie alles Messing eingeführt zu sein. Es wird in der Form von Draht von den Handelshäusern, die sich im Bajagebiet niedergelassen haben, verkauft.

Kupfer wie Messing wird größtenteils zu Schmuck verarbeitet. Arm- und Beinspangen, Ohrringe und Oberlippenschmuck — eine dreieckige Platte mit Haken — sowie die kurzen Spiralen, die am Ende des Speerstiels allein oder vor dem mit einer Tülle aufgesetzten Endstück aus Eisen angebracht sind, werden aus Kupfer gemacht. Als Draht oder schmales Band verwendet man es zur Umwicklung von Griffen (z. B. vom Rasiermesser) oder zur Verzierung der Klingenstiele von Wurfmessern.

Kupfer und Messing wird, nachdem es in kleine Stücke geschnitten ist, in einem aus Lehm hergestellten Napfe (*gbana gi kana*) mit eiförmigem Rande eingeschmolzen. Man schüttet dazu Holzkohle hinein, tut die Stücke darauf und füllt den Napf mit Holzkohle voll. Nun stellt man es auf den Feuerplatz in der Schmiede vor die Düse und häufelt die Holzkohle darüber. Hierauf wird der Blasebalg in Tätigkeit gesetzt. Bei der Herstellung eines Ohrringes klopft man das Kupfer, wie z. B. das Eisen

zu Speerklingen, zu einem rechteckigen Stück von ungefähr quadratischem Durchschnitt zurecht. Dann erst wird es weiter zu einem schmalen, langen Stück ausgeschmiedet und hieraus z. B. ein Ohrring gemacht.

4. Zinnbearbeitung.

Das Zinn heißt *tängá* und ist vor langer Zeit von den Haussa, neuerdings auch von den europäischen Häusern in Form von Draht eingeführt. Wahrscheinlich ist es erst infolge des offenbar auch von den Haussa eingeführten zinnernen Nasenflügelschmuckes zu den Baja gekommen. Der Zinndraht wird in Stücke geschnitten, die so lang sind wie der Schmuck. Dann wird ein mit verschieden dicken Löchern versehenes Büffelhorn genommen und ein Stück des Drahtes in ein passendes Loch gesteckt. Nunmehr schlägt man mit einem Schmiedeeisen das über das Loch hinausstehende Stück des Drahtes zusammen, so daß ein Kopf entsteht, der noch sauber zu einer vielseitigen Pyramide zugerichtet und manchmal durch Einritzen verziert wird. Zuletzt wird ihm durch Umbiegen die gewünschte schwach gebogene Form gegeben. Soll das Stück dünner sein als der Draht, so wird es einfach mit dem Schmiedeeisen dünn geschlagen.

Der englische Werkzeugmaschinen- und Werkzeugbau im 18. und 19. Jahrhundert.

Von

Dr.-Ing. Bertold Buxbaum, Charlottenburg[1]).

Die Entwicklung des neuzeitlichen Werkzeugmaschinenbaues mußte dort vorsichgehen, wo der moderne Wirklichkeitssinn, die Betriebsamkeit, der Kapitalismus und die unmittelbar der Befriedigung von Lebensbedürfnissen dienenden Maschinen (Bergbau-, Textil-, Dampfmaschinen) zuerst heimisch wurden: in England. „Während das Festland im 18. Jahrhundert durch dauernde Kriege, durch die Fehler absolutistischer Regierungen und durch innere Kämpfe nicht zu lebhafter wirtschaftlicher Betätigung kam, hatte England die Zeiten der starken Umwälzungen bereits hinter sich und Muße zu wirtschaftlicher und technischer Entfaltung.

Erste Periode: Vor Maudslay.

In der Zeit von 1660 bis 1720 entwickelte England seinen Handel und seine Seeherrschaft, und es schuf die ersten Ansätze einer Industrie. Nach Schmoller stieg die englische Ausfuhr in den Jahren 1663—1730 von 2 auf 11 Millionen £. Die glücklich verlaufenden Kriege gegen Frankreich und Holland, die den Boden des Heimatlandes völlig verschonten, festigten seine Vormachtstellung. Allerdings traten Rückschläge ein, so die wirtschaftliche Depression der Jahre 1763—1773 und der unglücklich verlaufende amerikanische Unabhängigkeitskrieg 1775—1783, dem aber doch als Ausgleich der Erwerb Ostindiens, Kanadas und der Kapkolonie gegenüberstand. Nach dem Frieden von Versailles im Jahre 1783 war England fast bankerott, erholte sich dann aber allmählich unter dem Ministerium des jüngeren Pitt bis zum Jahre 1801. Die Napoleonischen Kriege stellten, nach Überwindung mancher Hemmungen (wie der Kontinentalsperre vom Jahre 1806 an) Englands politische und wirtschaftliche uneingeschränkte Vormachtstellung her. Es baute sein Kolonialsystem aus und übernahm die Führung des Welthandels. Frankreich verlor durch seine Revolution und die napoleonische Epoche den großen wirtschaftlichen Vorsprung, den es im 18. Jahrhundert erzielt hatte; auf technischem Gebiet war Frankreich besonders in der Feinmechanik hervorgetreten. Deutschlands Industrie, die durch Friedrich den Großen mühevoll ins Leben gerufen worden war, sah sich durch die lange Kriegszeit von neuem gehemmt. Unter solchen Umständen war der geeignete Boden für die maschinentechnischen Erfindungen in England

[1]) Vom gleichen Verfasser ist im 9. Band der Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie auf S. 97 u. f. ein Aufsatz über den deutschen Werkzeugmaschinen- und Werkzeugbau im 19. Jahrhundert, und im 10. Band, S. 121 u. f. über den amerikanischen erschienen.

gegeben; befruchtend wirkte die politische Ruhe, anregend die sichere Aussicht auf lohnende Ausnutzung der Erfindungen, vorwärtstreibend der Zwang der Großbetriebe (zunächst der Bergbau).

Einen starken Anreiz für die industrielle Entwicklung Englands bildete das Patentgesetz vom Jahre 1617 bzw. 1623, das später mehrmals abgeändert wurde. Gleichzeitig wurden Bestimmungen über den Schutz von Geschmacks- und Gebrauchsmustern sowie Fabrikmarken erlassen. Bis zum Jahre 1714 blieb der Jahresdurchschnitt der erteilten Patente allerdings auf nur 3 bis 4 stehen, stieg dann bis zum Jahre 1760 auf 7 bis 8, im nächsten Jahrzehnt auf 21 bis 22 und betrug im letzten Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts 69. Der Jahresdurchschnitt der um 1850 erteilten Patente betrug etwa 500, die Gesamtzahl der Patente vom Jahre 1617 bis 1852 betrug 14 359. Eine Vorprüfung auf Neuheit sah das englische Patentgesetz nicht vor, es besaß deshalb für die Industrie nicht den Wert wie das amerikanische und das deutsche Patentgesetz. Vorteilhaft für den Erfinder waren die niedrigen Gebühren und die Möglichkeit, die verschiedenartigsten Maschinen und Werkzeuge — ohne gemeinsame Idee — unter den Schutz eines einzigen Patentes zu stellen. (So enthielt Bodmers Patent vom Jahre 1839 etwa 40 verschiedene Erfindungen). Von großer Bedeutung für die technische Welt waren die seit Bestehen des Patentgesetzes herausgegebenen gedruckten Patentschriften.

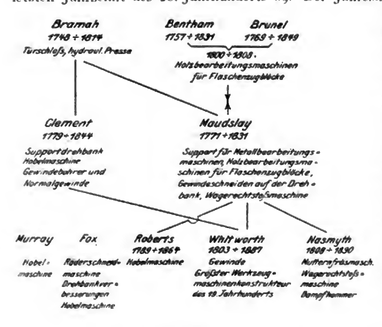


Abb. 1.
Die Begründer des englischen Werkzeugmaschinenbaues.
Nach American Machinist 1912, S. 935.

Während des 18. Jahrhunderts schufen englische Erfinder die Grundlagen für den Maschinenbau, insbesondere die Herstellungsverfahren der wichtigsten Baustoffe (Gußeisen und Stahl), den Ersatz der Handarbeit durch die Maschinen bei der Herstellung von Textilwaren (etwa vom Jahre 1730 ab, zunächst für Baumwolle; die mechanische Woll- und Leinenspinnerei folgte später), vor allem die Dampfmaschine, die zuerst lange Zeit (auch noch von Watt) nur zum Antriebe der Wasserhaltungspumpen für den in größere Tiefen vordringenden Bergbau, gegen Ende des Jahrhunderts erst als Betriebsmaschine für Spinnereien, Mühlen und Walzwerke benutzt wurde. Die englische Eisenerzeugung betrug im Jahre 1740: 17 000 engl. t (in Preußen um 1750: 2850 t). Die Fabrikation der Dampfmaschine ließ dann die ersten eigentlichen Werkzeugmaschinen entstehen, d. h. solche Geräte, die durch die Einführung des mechanischen Antriebs den Übergang vom Hilfswerkzeug zur Maschine vollzogen.

Die ersten größeren damals schon bekannten Metallbearbeitungsgeräte waren zum Ausbohren von Geschützrohren und Pumpenzylindern geschaffen worden. Zum Ausbohren der vorgegossenen Kanonenrohrhöhlung waren horizontale Ausbohrmaschinen mit sich drehender Bohrstange aus Holz oder Metall und eingesetzten Messern oder vollen Bohrköpfen, welche an Eisenstangen angeschweißt wurden, sowie mit achsial vorgeschobenem Arbeitsstück seit Jahrhunderten bekannt. Auch lotrecht wurden Kanonen gebohrt, wobei der Bohrer unten stand. 1720 wurde von Keller in Cassel das erste gußeiserne Geschützrohr aus dem Vollen gebohrt (lotrecht). Bronzegeschütze waren schon um 1500 aus dem Vollen gebohrt worden. Maritz in Straßburg bohrte in den 40er Jahren die Rohre aus dem Vollen mit umlaufendem Werkstück und achsial vorgeschobenem Bohrer. Die horizontale Ausbohrmaschine gehörte um die Mitte des 18. Jahrhunderts zur Ausrüstung der meisten englischen Gießereien; der Antrieb erfolgte durch Pferdegöpel, bei den besseren durch Wasserrad. Die Bauart war den Bohrmaschinen für Baumstämme zur Herstellung hölzerner Wasserrohre entlehnt. Als Werkzeug wurde der Löffelbohrer benutzt, die Geradführung für den Vorschub des Werkzeugschlittens bestand aus Holzschienen, der Vorschub erfolgte durch Hebel, Kettenzug, auch Gewichtsbelastung. In dieser Form wurde die Maschine für das Ausbohren der Zylinder der kurz nach 1711 (für ein Bergwerk) gebauten und bald darauf mit selbsttätiger Steuerung versehenen Newcomenschen Dampfmaschine sowie zum Ausbohren von Pumpenzylindern benutzt. 1725 gab es in der Nähe von London schon eine Fabrik für Dampfzylinder, Pumpen, Ventile usw. Bei diesen Ausbohrmaschinen lag das Arbeitsstück wagerecht auf einem mit Rädern versehenen Wagen, der auf Holzschienen lief. Der Bohrer war eine runde Eisenscheibe mit 6 oder 8 in Nuten des Umfangs festgekeilten Bohrmessern. Der Vorschub erfolgte durch Handwinde. Da der Bohrkopf mit seinem Gewicht im Arbeitsstück aufruhte, so schnitt er nur unten und mußte nach jedem Durchgange um 90° geschaltet werden. Anstelle eines Hohlzylinders entstanden somit vier einzelne Quadranten. Von der ersten in Amerika eingeführten englischen Dampfmaschine vom Jahre 1753 wird berichtet, daß ihr Zylinder nicht gebohrt war und so benutzt wurde, wie er von der Gießerei kam. Der Engländer Smeaton, der im Jahre 1761 das erste Zylindergebläse baute, stützte 1769 Bohrkopf und Bohrstange durch einen im zu bohrenden Zylinder laufenden vierrädrigen Wagen mit Gegengewichtshebel ab. Der den Zylinder tragende Wagen lief auf Rollen und wurde durch Schnur und Haspel achsial vorgeschoben; die Laufrollen wurden durch Schienen geführt. Als Genauigkeit rechnete man im Jahre 1760

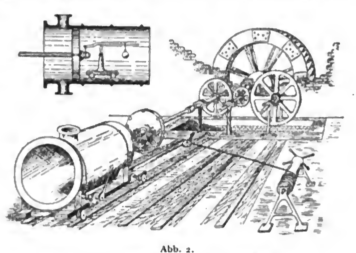


Abb. 2.

Zylinderbohrmaschine von Smeaton.

Nach: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Band 1, S. 223. Antrieb des Bohrkopfes durch Wasserrad und Stirnrädergetriebe. Achsialer Vorschub des Zylinders durch Handwinde. Abstützung des Bohrkopfes durch im Zylinder laufenden Wagen mit Gegengewichtshebel.

für einen Zylinder von 28 Zoll Durchmesser und 9 Fuß Länge eine Durchmesserabweichung von der Dicke eines kleinen Fingers. Watt konnte 1765 noch keinen genügend genau gebohrten Zylinder von 6 Zoll Durchmesser und 2 Fuß Länge erhalten und behalf sich deshalb mit einem geschmiedeten Zylinder. Später klagte er, daß sein 18 Zoll-Zylinder um $^3/_8$ Zoll unrund sei, was nicht zu verwundern ist, da der Smeatonsche Stützwagen allen Unebenheiten der gegossenen Zylinderfläche folgte. Man sah auch wohl vom Ausbohren ganz ab und schliff die Zylinder mit großen, die Bohrung fast ganz ausfüllenden Sandsteinen.

1769 erhielt Watt sein inhaltreiches Patent, 1782 wurde ihm die Expansionsmaschine, 1784 weitere Verbesserungen geschützt, worauf er an den Bau der doppeltwirkenden Balanziermaschinen mit Schubstange, Geradführung usw. schritt. Den Kurbeltrieb, der im Jahre 1780 an Pickard patentiert worden war, umging er zunächst durch einen Planetenräderantrieb. Jetzt wurde die Dampfmaschine erst eigentlich zur Betriebsmaschine, wozu die atmosphärische Maschine ohne Rundantrieb nur indirekt benutzt werden konnte. Die neue Maschine stellte erhöhte Anforderungen an die Bearbeitungstechnik, sie hatte bedeutend mehr Teile und lief außerdem mit 20 bis 25 Hüben in der Minute, während die atmosphärische Maschine nur 7 bis 8 Hübe machte. Gleichzeitig konnten nun auch die großen Erfindungen der Textilindustrie im großen ausgenutzt werden (im Jahre 1788 bestanden in England bereits 142 Textilfabriken).

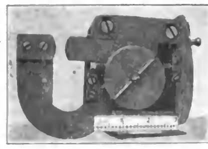


Abb. 3.
Mikrometer von James Watt.
Befindet sich im South Kensington-Museum (England).
Nach: Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1912, S. 402.
Die mit der (rechten) beweglichen Backe kämmende Schraubenspindel wird mittels eines auf ihrer Achse sitzenden — rechts nicht mehr sichtbaren — Fingergriffes gedreht. Rechts werden die vollen Umdrehungen der Schraubenspindel, vorn (an dem Zeiger, der durch ein mit der Schraube kämmendes 8-zähniges Rädchen gedreht wird; das achtfach geteilte Zifferblatt steht fest) die Bruchteile abgelesen.

1774 war die Fabrik von Boulton & Watt in Soho gegründet worden. Boulton (1728—1809) war schon ein richtiger Großfabrikant; er stellte Uhren in Massenfabrikation her und baute 1764 eine Fabrik für Silberwaren und Knöpfe in Soho mit 1000 Arbeitern. Er war dafür, die Wattsche Dampfmaschine nicht von selbständigen Mühlenbauern und Kunstmeistern, sondern in eigener Fabrik bauen zu lassen, und hoffte, auf Grund seiner Erfahrungen in der Massenfabrikation auf ein um 20 vH billigeres Arbeiten als bei Einzelausführung. Über die in der Fabrik von Soho ursprünglich benutzten Werkzeugmaschinen ist wenig zu erfahren. Das Tangye-Watt-Museum in Birmingham, in dem sich die Bestände der 1895 verkauften Fabrik von Soho befanden, enthält keine solchen. Die dort befindlichen Abbildungen zeigen Maschinen späteren Datums, deren Ursprungsjahr nicht feststeht, und die zum Teil von Murdoch stammen sollen, der im Jahre 1798 bei Boulton & Watt eintrat. Die Möglichkeit, die Wattschen Zylinder genau zu bohren, hat Smeaton noch bezweifelt. Ihre Innenbearbeitung erfolgt auf einer von Wilkinson 1775 erfundenen Maschine. Diese Maschine verwandte zuerst eine vom Arbeitsstück unabhängige Werkzeugführung in Form einer starken, durch den Zylinder hindurchragenden, außen gelagerten Bohrstange und einem Bohrstahl anstelle des bis dahin gebräuchlichen Reibahlenkopfes, der nur eine Schabwirkung ausübte. Die Konstruktion dieser Maschine ist nicht genau bekannt. Daß sich der Zylinder drehte und der Bohrer achsial verschob (ähnlich wie bei der 1774 Wilkinson

patentierten Maschine auf eine verbesserte Geschützbohrmaschine, System Maritz) ist nicht anzunehmen. Die Quellen gehen darin auseinander, ob sich der Zylinder auf einem Schlitten, oder der Bohrkopf auf der Stange verschob. Verfasser neigt zur letzteren Ansicht, im Gegensatz zu Fischer und Beck[1]). Die von Beck ausgesprochene Ansicht, daß Wilkinson den Zylinder auf einem auf Prismenführungen gleitenden Schlitten aufgenommen habe, ist angesichts der Schwierigkeiten, die sich damals der Bearbeitung so großer Prismen entgegenstellten, unwahrscheinlich. Ein im Jahre 1825 herausgegebenes Buch von John Nicholson[2]) erwähnt gegenüber der unvollkommenen Maschine von Smeaton eine tadellos arbeitende Maschine, deren Erbauer nicht angegeben ist, die aber wohl die Wilkinsonsche sein dürfte. Auch Roe (Machinery Januar 1916) bringt das Bild dieser Maschine als das der Wilkinsonschen. Hier steht der Zylinder fest, und der Bohrkopf verschiebt sich auf der Bohrstange selbsttätig mittels achsial verschiebbarer Zahnstange mit Ritzel und Gewichtshebel; hier ist also die unvollkommene Smeatonsche Geradführung durch eine zylindrische

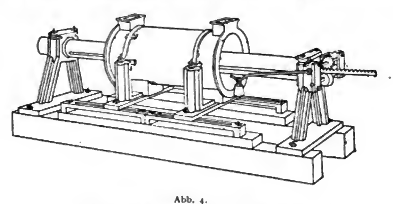


Abb. 4.

Zylinderbohrmaschine von Wilkinson.

Nach: Nicholson „The Operative Mechanic". London 1825.
Zylinder steht fest, Bohrkopf verschiebt sich selbsttätig auf Bohrstange mittels achsial verschobener Zahnstange mit Ritzel und Gewichtshebel.

Geradführung ersetzt. Die Wilkinsonsche Maschine war imstande, Gußzylinder von 57 Zoll Durchmesser mit einer größten Abweichung von $^1/_{16}$ Zoll auszubohren. Übrigens verwandte Watt ebenso wie seine Vorgänger nur Kolben mit Hanfpackung. Erst die später aufkommende Hochdruckmaschine verlangte Metalldichtung und damit genauere Bearbeitung des Zylinders.

An sonstigen Entwicklungen dieser ersten Periode sind die von Smeaton im Jahre 1769 eingeführten gußeisernen Zahnräder zu erwähnen; die Gesetze der Zykloiden und der Evolventen waren um die Mitte des 18. Jahrhunderts bekannt.

Die Wilkinson-Maschine war die einzige wichtige Bearbeitungsmaschine der Wattschen Frühperiode. Der Mangel an guten Bearbeitungsmaschinen stellte das größte Hemmnis für die Weiterentwicklung der Dampfmaschine dar. An sonstigen Werkzeugmaschinen kannte Watt damals nur Fußdrehbänke und rohe Bohrmaschinen. Die ganzen Dreharbeiten der ersten Wattschen Dampfmaschinen wurden noch mit dem Handdrehstahl ausgeführt. Die Kolbenstange mit Stopfbuchsendichtung verlangte die Herstellung eines achsial bewegten genauen Zylinderpaares, und die Kurbelwelle stellte ein genau rotierendes Zylinderpaar dar — Ge-

[1]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 1912, S. 301.

[2]) „The Operative Mechanic", deutsche Ausgabe 1826, S. 314.

nauigkeiten, wie sie bei der atmosphärischen Maschine noch nicht notwendig waren. Die alten Handdrehbänke gestatteten wohl ein genaues Runddrehen; für die gerade Seitenlinie gedrehter Zylinder aber gab es keine andere Gewähr als die Handgeschicklichkeit des Drehers. Die Kurbelnabe goß man mit acht- oder viereckigen Löchern für das Aufstecken auf die gußeiserne Welle und das Einstecken des Kurbelzapfens; das Ausrichten erfolgte mittels dünner Keile, worauf die Lücken mit einem Gemisch aus Eisenfeilspänen und Salmiak ausgefüllt wurden. Die Senkrechtbohrmaschine soll Watt um 1790 mit Kraftantrieb ausgestattet haben; sie besaß aber nur Handvorschub.



Abb. 5.
Henry Maudslay
geb. 1771, gest. 1831.

Die Frühperiode hatte also immerhin eine als modern anzusprechende Maschine gebracht, eine Bohrmaschine mit zwangläufiger Übertragung der Werkzeug- und Maschinen-Genauigkeit auf das Werkstück. Der Vorläufer zu der vorher immer unvollkommen gebliebenen Supportführung war da.

Zweite Periode: Maudslay und seine Schule.

Die nächste Entwicklungsstufe wurde durch zwei Gebrauchsgegenstände eingeleitet: Sicherheitsschlösser und hölzerne Flaschenzugblöcke für Schiffswinden. Die ersteren schufen keine wertvollen Maschinen, ließen aber eine Werkstatt entstehen, in der weiterhin die Geburt wichtiger Werkzeugmaschinen vor sich ging. Die zweiten veranlaßten den Bau hochwertiger Holzbearbeitungsmaschinen, in denen wesentliche Elemente des neueren Werkzeugmaschinenbaues, insbesondere zum Kopieren komplizierter Formen, enthalten waren. Hiermit wird die eigentliche englische Schöpfungsperiode des Werkzeugmaschinenbaues eingeleitet, an deren Anfang die Namen stehen: Bramah (1748—1814), Bentham (1757—1831) und der Franzose Brunel (1769—1849).

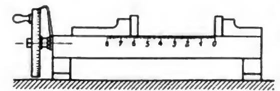


Abb. 6.
Maudslays Meßmaschine.
Nach: Smiles „James Nasmyth" 1883.
Besteht aus Messing; Meßflächen aus gehärtetem Stahl. Kontrolle des Meßdruckes nach Gefühl. Länge 16", 100-teilige Indexscheibe. Diese erste Werkstattenmeßmaschine (eigentlich ein Tischmikrometer) soll viel genauer (bis $^1/_{1000}$") gearbeitet haben, als der damalige Maschinenbau verlangte. Maudslay hatte sie stets neben seinem Schraubstock stehen und nannte sie „The Lord Chancellor".

Parallel mit diesen beiden Gruppen wirkten Maudslay (1771—1831) und Clement (1779—1844), beide Schüler Bramahs. Aus Maudslays und Clements Schule ging Whitworth (1803—1887) hervor, Nasmyth (1808 bis 1890) und Roberts (1789—1864) waren Maudslays Lehrlinge. Parallel mit diesen schufen Murray und Fox an dieser ersten Blütezeit, deren Leistungen die der späteren amerikanischen Höheperiode weit überragen. Sehr wesentlich für die Intensität dieser Entwicklung ist die enge Berührung und das teilweise Zusammenarbeiten der Hauptträger dieser Entwicklung. Alle wirkten in Manchester oder in der Nähe von

Manchester; der eine gab seine Erfahrungen dem anderen weiter. Dies war gerade in der Metallbearbeitung und hier gerade wieder im Werkzeugbau von hervorragender

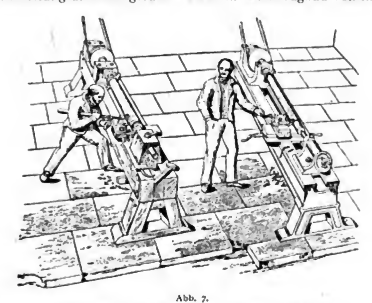


Abb. 7.

Alte Handdrehbank und neue Supportdrehbank.

Nach: Buchanan „Practical Essay on Mill Work", 3. Aufl. 1841.
Mit dieser vielfach wiedergegebenen Abbildung veranschaulichte Nasmyth das mühselige Arbeiten mit dem Handstahl und die bequeme Arbeitsweise mit dem Maudslayschen Support (der von den konservativen Drehern verächtlich „going car" genannt wurde).

Bedeutung, da in keinem anderen Zweige der Maschinentechnik so viele Kleinigkeiten zu beachten, so viele Handgriffe und einzelne Kenntnisse anzuwenden sind wie hier — Dinge, die jeder, der sie beherrscht, nach Möglichkeit nur mündlich und nur seinen

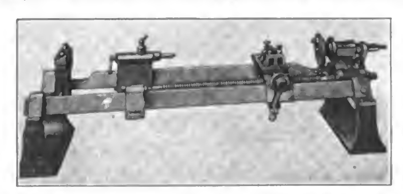


Abb. 8.

Maudslays erste Supportdrehbank.

Nach dem Katolog des South Kensington-Museums.
Um 1797 gebaut. 1,5" Spitzenhöhe, 3' Bettlänge, Handantrieb, Bettführungen dreieckig. Support trägt 2 Paar Stahlhalter. Leitspindel aus Bronze mit rechteckigem Gewinde von 1" Durchmesser und $^1/_8$" Steigung. Leitspindel wurde für jede Gewindesteigung ausgewechselt. Leitspindelmutter, geschlitzt und zusammengeklemmt, unterhalb des Supports. (Die erste Drehbank mit Wechselrädern baute Maudslay erst im Jahre 1800.)

Mitarbeitern und Lehrlingen bekannt geben möchte. Ähnlich günstige geographische Konzentrationen wiesen später der amerikanische (Oststaaten) und der deutsche (Chemnitz) Werkzeugmaschinenbau auf.

Bramah brauchte Maschinen für sein im Jahre 1784 erfundenes verbessertes Sicherheitsschloß, das er in guter Qualität massenhafter herzustellen wünschte, als dies durch Handarbeit der meistens mangelhaften Handwerker möglich war. Auch die im Jahre 1795 von Bramah erfundene hydraulische Presse erforderte genaue Arbeit. Maudslay, vorher im Woolwich-Arsenal beschäftigt, wurde mit 19 Jahren Bramahs Betriebsleiter. Maudslays Tätigkeit ist — ganz abgesehen von seinen die Dampfmaschine und andere Gebiete betreffenden Erfindungen — die erste in jeder Hinsicht überlegte und gewissenhafte Werkstattsarbeit zu verdanken; er erfand das Verfahren, genaue ebene Flächen durch gegenseitiges Abschmirgeln von drei Richtplatten herzustellen und damit die Möglichkeit, werkstattmäßig genaue Geradführungen mit Meißel und Feile zu bearbeiten. Er baute Werkzeugmaschinen ganz aus Eisen, gab ihnen typische Formen (abgerundete Übergänge anstelle der vorher in Anlehnung an die Holzbalkenkonstruktionen üblichen scharfen Ecken); das gilt allerdings nur für Maudslays kleine Maschinen, die großen sehen recht ungeschickt aus. Im einzelnen schuf er die eigentliche Metalldrehbank und damit überhaupt die richtige Werkzeugmaschine mit festen Führungen und mechanischem Antriebe für das Werkzeug, so daß jetzt die früher für jedes Stück erforderliche Arbeitssorgfalt nur einmal (bei der Herstellung der Drehbankprismen) aufzuwenden war, und die Herstellung unter sich gleicher Teile eigentlich erst ermöglicht wurde, ferner die Leit-

Abb. 9.

Maudslays erster Kreuzsupport.

Nach: Buchanan „Practical Essay on Mill Work", 3. Aufl. 1841. Im Jahre 1794 gebaut (schon 1785 war ein Kreuzsupport in einer französischen Veröffentlichung beschrieben worden). Mit dem Reitstock ist ein geschlitzter fester Rahmen c verbunden. Auf diesem ist der Planschlitten b verschiebbar, der seinerseits den vierkantigen Längsschlitten a trägt. Dieser trägt auf seinem linken Ende das Schneidwerkzeug und mußte gewöhnlich sehr weit herausgekurbelt werden, da er mit dem Reitstock fest verbunden ist. Nachher trennte Maudslay den Kreuzsupport vom Reitstock und setzte ihn auf einen besonderen Bettschlitten.

spindel mit Wechselrädern, die für viele Schraubensteigungen nur eine einzige Spindel verlangte, das korrekte Gewindeschneiden, die erste Wagerechtstoßmaschine und die Anwendung des Fräsens auf Fassonteile (auch Zahnräder), vorerst auf der Drehbank.



Abb. 10.

Maudslays Wagerecht-Stoßmaschine.

Nach Engineering 1901, S. 135.

Erste Maschine dieser Art. Nur für Maudslays eigenen Gebrauch gebaut und recht roh. Der durch Kurbelscheibe angetriebene Werkzeugträger führt sich auf zwei runden parallelen Stangen, die durch vier Schraubenspindeln in lotrechter Richtung gemeinsam verstellbar sind. Der Stahlhalter war mit einer — anscheinend der ersten — Wendeeinrichtung ausgestattet, so daß der Stahl nach beiden Seiten schneiden konnte. Aufspannplatte für das Werkstück quer zur Werkzeugbewegungsrichtung verschiebbar.

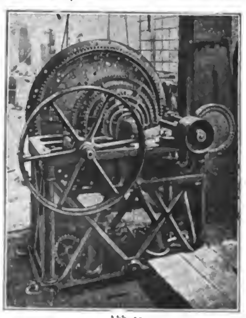


Abb. 11.

Plandrehbank von Maudslay (Abb. 11 u. 12).

Nach Engineering 1901, S. 65 und 68.

Spindelkasten und Bett besitzen getrennte Füße. Bettprismen dreieckig wie bei der kleinen Drehbank in Abb. 8 und sehr lang, anscheinend zum Ausbohren (hierbei war die Maschine wohl nicht sehr leistungsfähig, da die Führungen offen sind). Besonders bemerkenswert ist die große Anzahl von Spindelgeschwindigkeiten mittels Stufengetriebes (anscheinend das erste überhaupt ausgeführte).

An Werkzeugen sind ihm beispielsweise die ersten genuteten Gewindebohrer zu verdanken. Maudslay schuf dem allgemeinen Maschinenbau die Möglichkeit, Werkzeugmaschinen von Spezialisten fertig zu beziehen, während vor ihm jeder, der eine solche Maschine brauchte, sie selbst bauen mußte, wobei häufig eher Notbehelfe als Maschinen entstanden. Einen starken Einfluß auf Maudslays Präzisionsmaschinen übten die ihm in Bestellung gegebenen wissenschaftlichen, besonders astronomischen Instrumente aus. Seine Arbeiten wurden später in der Fabrik Maudslay & Field (gegründet 1797 für Dampfmaschinen, besonders Schiffsmaschinen), zu welcher auch Clement

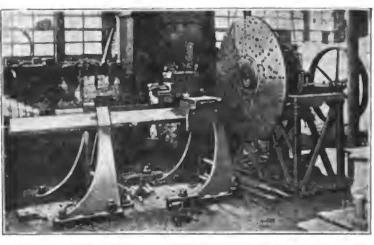


Abb. 12.

überging, weitergeführt; letzterer machte sich besonders um die Entwicklung der Hobelmaschine und der Gewinde verdient. Seine Arbeiten an Gewindebohrern und Schneidkluppen bildeten die Grundlage für das Gewindesystem von Whitworth. Daß übrigens die Maudslaysche selbsttätige Drehbank keineswegs sofort überall in England eingeführt wurde, geht z. B. daraus hervor, daß nach Matschoss noch 1840 die größte Maschinenfabrik Cornwalls 10 Fuß lange und 6 Zoll starke Kolbenstangen freihändig drehte. Maudslay ließ übrigens nur wenige seiner Erfindungen patentieren; er stützte sich lediglich auf sein überlegenes Können. Das kam natürlich der ganzen Industrie sehr zugute.

Während Maudslays Hauptschaffenszeit bauten Bentham und Brunel ihre 44 Bearbeitungsmaschinen für Flaschenzugblöcke. Von diesen brauchte die englische Marine jährlich 100000 Stück. Von Interesse ist, daß Brunel die Anregungen zu einer Massenfabrikation von Holzblöcken möglicherweise in Amerika empfing, wo er sich über 5 Jahre (bis 1799) aufhielt und unter anderem eine Fabrik zum Gießen und Bohren von Geschützen baute. Benthams sehr umfangreiche Patentschrift Nr. 1951 vom Jahre 1793 enthält eine Unmenge von wertvollen konstruktiven Neuerungen für Holz- und Metallbearbeitung (z. B. Werkzeugschlittenführungen, Fräser aus einem Stück oder mit eingesetzten Messern, Gewindeschneiden durch ein schräg stehendes Messer, das sich in der von ihm geschnittenen Schraubennut führt, zentrierendes Spannfutter, Kreissäge, Gewindefräser, Spiralbohrer, Bohrer mit Ölkanal, Ausblasen der Holzspäne mittels Luftstroms usw., vor allem die verstellbaren Anschläge am Maschinenbett, durch die erst die wirtschaftliche Herstellung unter sich gleicher Teile ermöglicht wurde). Vielleicht trug der Umstand, daß die Patentschrift keine Abbildungen enthält, die Schuld daran, daß der direkte Einfluß der Benthamschen Ideen auf die Fachwelt geringer war, als sie es verdienten.

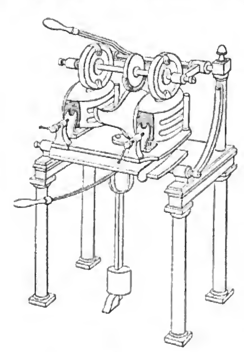


Abb. 13.
Kopiermaschine für die hölzernen Rollen von Flaschenzugblöcken von Bentham und Brunel.
Nach Machinery Januar 1916, S. 373.
Gleichzeitige Bearbeitung von zwei Werkstücken. Die Schablone sitzt in der Mitte.

In den Jahren 1801 bis 1807 wurden unter Hinzuziehung von Maudslay für die praktische Ausführung vier Arten von Maschinen in der Fabrik des letzteren gebaut. Die Vorarbeitsmaschinen stammten von Bentham, die verwickelten Fertigarbeitsmaschinen von Brunel. Die Maschinen umfaßten 1. Sägen (mit geradem und Kreisblatt), 2. Maschinen zum Bohren, Stoßen, Formen und Kerben der Blöcke, 3. Maschinen zum Drehen und Bohren der Rollen und Einnieten der Messingbuchsen hierfür, 4. Einrichtung zur Herstellung des Laufzapfens für die Rollen (Schmieden im Handgesenk, Drehen und Polieren). Die Maschinen wiesen ausgesprochene Merkmale der Massenfabrikation auf. Maschine 2 spannte gleichzeitig 10 Blöcke ein, beim Spannen gelangten immer die gleichen Stellen zur Anlage usw. (Auch die

erste Holzhobelmaschine mit umlaufendem Werkzeug befand sich unter den Maschinen). Die in der Staatswerft in Portsmouth aufgestellten Maschinen waren im Jahre 1808 in vollem Betriebe und lieferten mit 10 angelernten Arbeitern die gleiche Stückzahl wie früher 110 geschickte Handwerker. Dabei waren die Blöcke jetzt austauschbar, was vorher nicht der Fall war. Die Maudslaysche Fabrik hat ihren Ruf in der englischen Industrie vor allem diesen Portsmouth-Maschinen zu verdanken. In konstruktiver Hinsicht blieb der Einfluß der Maschinen aber gering, da sie in Werften, Gefängnissen usw. versteckt arbeiteten und der großen Menge der Fachleute unsichtbar blieben. — Der Stil dieser ersten Maschinen war roh; die Körper waren aus Gußeisen, sahen aber mit ihren rechteckigen Formen und scharfen Übergängen wie aus Holzbalken zusammengefügt aus.

Die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts brachten die Verbreitung der Dampfmaschine als Betriebsmaschine. Im Jahre 1800 erlosch Watts Patent, durch das bis dahin jeder Andere vom Dampfmaschinenbau ausgeschlossen worden war. Jetzt wurde die Dampfmaschine erst Allgemeingut. Vom Jahre 1802 ab kam die Hochdruckmaschine in England auf, die durch ihre Ersparnis an Raum und Kohle die alte Wattsche Maschine überflügelte und erhöhte Ansprüche an die Bearbeitung stellte. Im Jahre 1810 waren 5000 Dampfmaschinen in England in Betrieb (1822 10 000 Dampfmaschinen mit 200 000 PS).

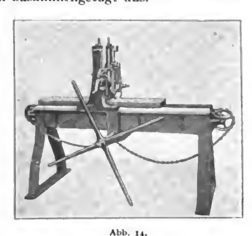
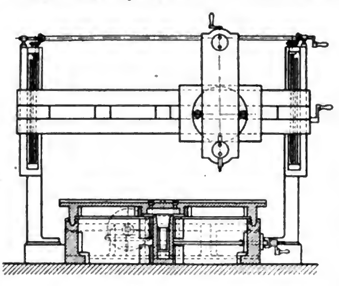


Abb. 14.
Hobelmaschine von Roberts.
Nach dem Katalog des South Kensington-Museums. 1817 gebaut. Erste moderne Hobelmaschine mit hin- und herbewegtem Werkstück und leerem Rücklauf. Der einerseits auf einem ∧-Prisma, andererseits flach geführte Tisch von 11 × 52″ Größe wurde mit Ketten und Handkreuz bewegt. Support schräg einstellbar; wagerecht und lotrecht mit Handschraubspindeln verschiebbar. Querbalken mit Führung an zwei Lotrechtständern und Schraubspindelverstellung. Stahl hängt in Klappe zwecks Abheben beim Rückgang.

Im Jahre 1807 erzeugte England 5 Millionen Zentner Roheisen (gegenüber Preußen: 322 000, Vereinigte Staaten: 480 000 Zentner). Von der Gesamtbevölkerung waren 1811 nur noch 35 vH in der Land- und Forstwirtschaft tätig. Die Kontinentalsperre hatte England zwar sehr geschädigt, hatte aber im Zusammenhang mit der bis Mitte der 20er Jahre betriebenen reinen Schutzzollpolitik der englischen Industrie die Gelegenheit zum Erstarken gegeben. Aus den Napoleonischen Kriegen ging England zwar stark verschuldet aber doch glücklicher hervor als das übrige Europa. Durch seine Insellage war es schon seit Jahrhunderten vor einem Kriege auf eigenem Boden verschont geblieben; sein Kolonialbesitz war stark gestiegen, und die frühere nordamerikanische Kolonie war ein gutes Absatzgebiet geblieben. Englands Eisenindustrie übernahm die Führung in der ganzen Welt; in die Zeit von 1815 bis 1850 fällt der Aufbau seiner Großindustrie und seine unbestrittene industrielle Führung, was ihm den Übergang zum vollständigen Freihandel gestattete, da eine ernsthafte Konkurrenz ausländischer Industrien unmöglich erschien; es brauchte den Freihandel, um genügende Mengen von Rohstoffen für seine Maschinen zu erhalten. Gleichzeitig war auf Grund eines im Jahre 1785 erlassenen Parlamentsbeschlusses das Auswandern geschickter Eisenarbeiter und die Ausfuhr von Maschinen, Werkzeugen, Modellen oder Teilen derselben bei schwerer Strafe verboten. Auf dem Gebiete der Metallbearbeitung standen die ersten zwei Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts im Zeichen des Baues großer Maschinen für die

Herstellung von Dampfmaschinen, besonders Schiffsmaschinen. Der Bau von Dampfmaschinen war seit 1800 frei. 1807 hatte der Amerikaner Fulton den ersten brauchbaren Raddampfer gebaut, 1816 eröffnete das erste Dampfschiff den Themseverkehr, 1819 fuhr der erste Dampfer über den Atlantischen Ozean. Dem damals üblichen Niederdruck entsprechend, besaßen die Dampfzylinder sehr große Abmessungen und erforderten besonders große Ausbohrmaschinen.



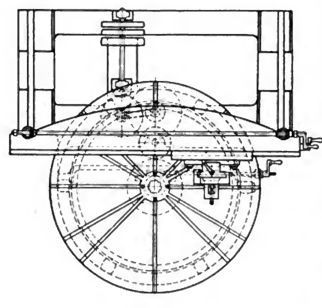


Abb. 15.

Bodmers erste Karusselldrehbank.

Nach Bodmers englischem Patent Nr. 8070 vom Jahre 1839. Antrieb des Tisches durch Innenzahnkranz. Führung in V-Nut. Zum Bohren und Polieren kann der Tisch hochgehoben werden, so daß er sich nicht mehr in den V-Nut fährt und rascher laufen kann. Die Maschine wurde nicht ausgeführt. Das Patent gab aber später den Amerikanern die Anregungen zum Bau der weiter entwickelten Lotrechtbohr- und Drehwerke.

Das dritte Jahrzehnt steht im Zeichen der maschinellen Herstellung der ebenen Fläche. An vier Stellen — fast gleichzeitig — entstanden in England von Hand betätigte, den heutigen aber im Aufbau grundsätzlich ähnliche Metallhobelmaschinen aus dem Bedürfnis heraus, die Prismen der Drehbänke, die Führungen der Textilmaschinen, besonders der Webstühle, und die Schieberflächen der Dampfmaschinen rascher zu bearbeiten, als dies mit Meißel und Feile möglich war. Wie bei den Ausbohrmaschinen und Drehbänken waren es keine Werkzeugmaschinenspezialisten, sondern allgemeine Maschinenbauer, die, zunächst für ihre eigenen Bedürfnisse, Hobelmaschinen bauten. Wie stark der Bedarf an ebenen Flächen war, geht daraus hervor, daß der eine der erwähnten vier, Clement, seine Maschine 10 Jahre lang Tag und Nacht für bestellte Einzelarbeiten laufen ließ und den Quadratfuß gehobelter Fläche mit 18 Mark berechnen konnte — ein enormer Preis, da der gemeißelte und gefeilte Quadratfuß nach einer Quelle nur 6,30 Mark zu kosten pflegte. Nach Whitworth kostete in den 20er Jahren ein Quadratfuß, gemeißelt und gefeilt, etwa

12 M., in den 50er Jahren auf der Hobelmaschine weniger als $8^1/_2$ Pf. Da die Maschinen teuer waren, so konnten sich nur kapitalkräftige Firmen Hobelmaschinen leisten, die sie zur besseren Ausnutzung in zwei Schichten arbeiten ließen. Bis 1840 kam die Hobelmaschine in England allgemein in Gebrauch. Die Maschinen dieser Zeit waren zum Teil nur wenig einheitlich konstruiert. Die großen Maschinen waren teilweise mit den Wänden oder Zwischendecken der Fabrik zusammengebaut und gehörten gewissermaßen mit dem Gebäude zusammen, z. B. die Maschinen der Soho-Werke[1]. Auf hohe Spanleistung wurde weniger Wert gelegt als auf möglichste Schonung der teueren Maschinen; die Löhne waren niedrig, auf die Zeit kam es nicht sehr an.

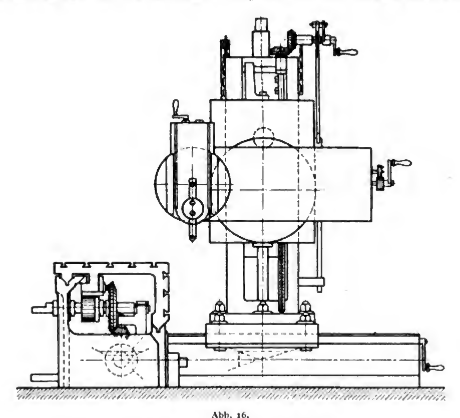


Abb. 16.

Bodmers Einständerhobelmaschine.

Nach Bodmers englischem Patent Nr 8070 vom Jahre 1839.
Tisch winkelförmig, so daß oben und seitlich aufgespannt werden kann. Verschieden hohe Lage der beiden V-Nuten, um ein Kippen zu verhindern. Für besonders große Stücke ist getrennter Stützwagen vorgesehen, der auf Schienen mitläuft. Antrieb durch doppelte Kegelräder. (Auch diese Maschine dürfte nicht ausgeführt worden sein.)

Der Werkzeugbau wurde in hohem Maße von dem Schweizer Johann Georg Bodmer beeinflußt. Dieser außerordentlich fruchtbare, besonders in England wirkende Erfinder schenkte dem Werkzeugmaschinenbau sowohl neue Maschinen als auch hochentwickelte Einzelelemente; zu erwähnen sind: Hobelmaschinenantrieb, Stirnräderfräsmaschine, Karusselldrehbank; seine patentierten komplizierten Getriebe blieben dagegen fast ohne Einfluß. Der Werkzeugbau verdankt ihm sehr viel Wertvolles, z. B. den hinterdrehten Gewindebohrer. Er war eine Zeitlang in Whitworths Fabrik tätig und trug viel zur Entwicklung dieses Werkes bei. In

[1]) Vgl. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, 1912, S. 301 ff.

seinem Betriebe (Textilmaschinenfabrik in Manchester) führte er Normalkaliberlehren, detaillierte Zeichnungen, die Pitch-Durchmesserteilung für Zahnräder usw. ein.

Das Jahrzehnt 1830 bis 1840 brachte die Entwicklung der Eisenbahn und der Dampfschiffahrt (1836: erster Schraubendampfer) und damit das bis dahin stärkste Bedürfnis an Metallbearbeitungsmaschinen. Durch die Eröffnung der Liverpool-Manchester-Eisenbahn (1830) entstand in Manchester und Leeds eine starke Hochkonjunktur; es konnten gar nicht genug Lokomotiven und Werkzeugmaschinen gebaut werden. Fast alle großen englischen Maschinenfabriken beteiligten sich am Lokomotivbau (nach einer Quelle 32 Fabriken). Jetzt hatte man die erste wirklich rasch laufende Dampfmaschine, die entsprechend erhöhte Anforderungen an die Bearbeitungstechnik stellte.

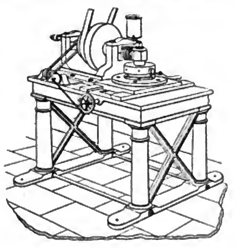


Abb. 17.

Nasmyth' Mutternfräsmaschine.

Nach Smiles: „James Nasmyth". 1883.

Im Jahre 1829 bei der Firma Maudslay & Field gebaut zwecks Mechanisierung des bis dahin gebräuchlichen Feilens der Sechskantmuttern. Aufnahme des Werkstückes auf lotrechtem Aufspanndorn mit Schaltscheibe, Bearbeitung mit Stirnfräser. Aufspann- und Schaltkopf sitzt auf einem quer geführten Tisch mit selbsttätigem Quervorschub durch Sperrad und Verstellbarkeit in Spindelrichtung.

In England bestanden

1830	138 km	Bahnstrecke
1840	1 350 „	„
1850	10 660 „	„

1836 gab es in Großbritannien 134 000 Fabrikationswerkstätten, die fast alle mit Dampfkraft arbeiteten.

In dieser Zeit wurden die Werkzeugmaschinen allgemein für den Verkauf gebaut; ihre Gestalt nahm feste Formen an. Äußerlich ging man dabei von der zum Teil noch eckigen alten Zimmermannsform (Maudslay, Nasmyth, Sharp, Roberts & Co. in Manchester, Fox in Derby) auf manchen Seiten zur dekorativen Form über. Es zeigte sich hier die gleiche Unsicherheit im Formgefühl wie in den 70er Jahren im amerikanischen Maschinenbau. Der große Bedarf an Muttern veranlaßte die Konstruktion der

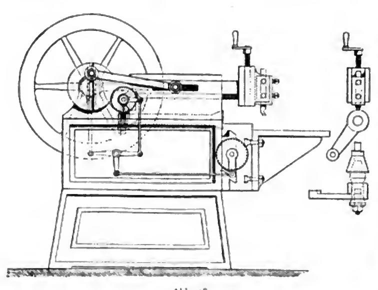


Abb. 18.

Wagerecht-Stoßmaschine von Nasmyth.

Nach Smiles: „James Nasmyth". 1883.

Im Jahre 1836 gebaut. Die Maschine besitzt universelle Verwendbarkeit, Tischanordnung und Schlittenbewegung ähnlich wie heute, Antrieb durch Kurbeltrieb. Rundhobeleinrichtung mit selbsttätiger Schaltung und Spitzenapparat konnten mit bezogen werden. Die Maschine wurde als „Nasmyth's steam arm" sehr bekannt und verbreitet.

Nasmyth-Mutternfräsmaschine, bei welcher der Hauptvorteil des Fräsverfahrens, die Möglichkeit, geformte Flächen zu bearbeiten, aber noch nicht in die Erscheinung trat. Die englische Fräsmaschine blieb in der Hauptsache bei der Mutternbearbeitung stehen. Der Bedarf an Steuerhebeln schuf die Nasmythsche Wagerecht-Stoßmaschine mit Rundhobelapparat; der Eisenbahnbau ließ die großen

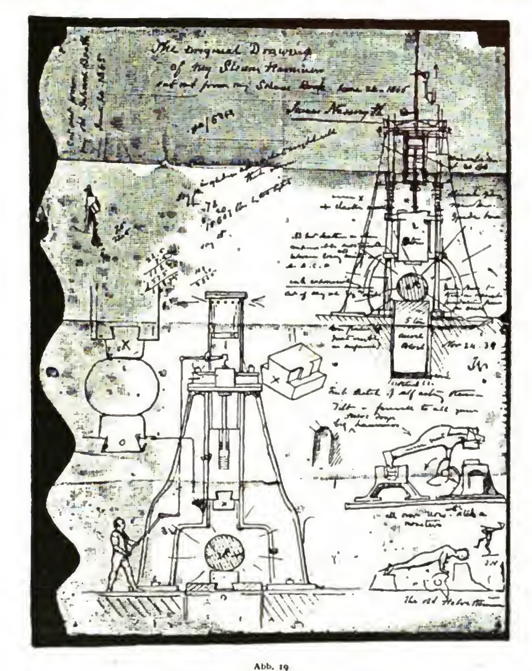


Abb. 19

Nasmyths erster Dampfhammer.

Nach Smiles: „James Nasmyth." 1883.

Skizze vom Jahre 1839. Dieselbe enthält alle Einzelheiten, wie sie an Tausenden von Hämmern ausgeführt wurden. Der Dampf wirkt nur von unten. Schneider in Creuzot baute den ersten Hammer nach dieser Skizze. Trotzdem erhielt Nasmyth im Jahre 1842 noch ein englisches Patent auf seinen Hammer. Im Jahre darauf baute er auch Hammer mit beiderseitig wirkendem Dampf.

Whitworthschen Vertikal-Stoßmaschinen und die großen Bohrmaschinen entstehen. Dazu kamen Sondermaschinen für die Gewehrfabriken, Sonderdrehbänke und Nutenmaschinen für Walzen usw. Einen gewaltigen Aufschwung nahm der Großmaschinenbau durch die Erfindung des Nasmythschen Dampfhammers,



Abb. 20.
James Nasmyth (geb. 1808, gest. 1890).

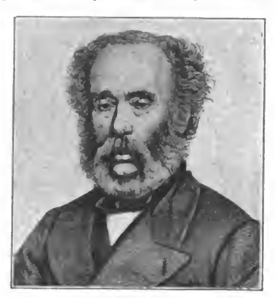


Abb. 21.
Joseph Whitworth (geb. 1803, gest. 1887).

der zuerst — unberechtigterweise — im Jahre 1842 von Schneider in Creuzot gebaut wurde. Erst diese Maschine ermöglichte die Bearbeitung schwerer Schmiedestücke, beispielsweise die Herstellung großer Schiffswellen; vorher nietete man vielfach schwere Schiffsbauteile aus Kesselblech zusammen. Nasmyth' Werkzeugmaschinen zeichneten sich besonders durch gut durchgearbeitete Selbstgänge aus; sie waren so leicht zu bedienen, daß man den Arbeitern noch andere Maschinen zu beaufsichtigen gab, „damit sie nicht einschlafen sollten", später wurde dieses Verfahren von den Trade Unions verboten.

Das Jahrzehnt 1840 bis 1850 brachte die weitere Ausdehnung des Eisenbahnbaues; besonders stark war die Zunahme des Netzes in

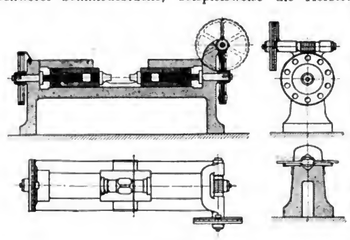


Abb. 22.
Meßmaschine von Whitworth.

Nach: „Die Meßmaschine von Whitworth", von Goodeve & Shelley, deutsch von Schroter 1879.

Um das Jahr 1850 gebaut. Die Meßeinrichtung gestattete die übertrieben weitgehende Ablesung von $1/_{1000000}$", sogar $1/_{2000000}$". Die Kontrolle des Meßdruckes erfolgte durch eine Fühlplatte (siehe die unteren beiden Abbildungen); bei richtiger Länge der zu vergleichenden Maße glitt sie leicht herunter, bei etwas größerer Länge blieb sie hängen. (Für Werkstättenzwecke, insbesondere zur Anfertigung von Kalibern, baute Whitworth eine Maschine ohne Fühlplatte und ohne Schneckenübersetzung; Ablesung $1/_{10000}$".)

den Jahren 1844 bis 1846. Im Jahre 1864 waren in England 6000 Lokomotiven in Betrieb (in Preußen im Jahre 1862 nur 1500). 1841 wurde die erste Lokomobile, 1842 das erste Panzerschiff von Stevens gebaut. Die Dampfmaschinen wurden allgemein eingeführt, bis 1850 noch als kleine Einheit, bis zu etwa 30 PS, nachher bis 100 und darüber.

Im Jahre 1840 betrug Englands Anteil an der gesamten Weltproduktion 75 vH. Ende der 40er Jahre erfolgte eine starke Anregung des englischen Handels durch die Goldentdeckungen in Australien und Kalifornien; in den fünfziger Jahren wurden gewaltige Massen Material für amerikanische Eisenbahnen geliefert.

Dritte Periode: Whitworth.

Der englische Werkzeugmaschinenbau erreichte seine Blüte durch Whitworth. Die von Whitworth im Jahre 1833 in Manchester gegründete Fabrik schuf den eigentlichen Typ der schon unter dem Einflusse des Bergwerksmaschinenbaus, des Eisenbahnbaus und des Schiffsmaschinenbaus von Haus aus schweren englischen Werkzeugmaschine mit einfacher ruhiger Form, organisch durchgebildetem Körper, guten Füßen und einheitlich in den Maschinenumriß eingebauten Einzelheiten. Whitworth' Maschinen betonten nicht mehr die ebenen Seitenflächen sondern die abgerundete Körperform. (Seine früheren Maschinenkörper der 30er Jahre waren übrigens noch roh, verrippt und durchbrochen.) Er schuf den Hohlguß, dessen Vorzüge: größter Widerstand bei geringstem Materialaufwand — er erkannt hatte. Den vorher üblichen Maschinenkörpern mit Profilquerschnitt gegenüber wies er auf die von der Natur verwendeten Hohlkörper hin (Gänsekiel, Knochen, Grashalm usw.) und veranlaßte seine besten zeitgenössischen Konkurrenten (Sharp, Roberts & Co., Fairbairn usw.) zur Nachahmung. Die eleganten Whitworthschen Maschinenformen waren tonangebend. Seine Drehbänke, Hobel-, Stoß- (Senkrecht- und Wagerecht-), Bohrmaschinen wurden für den deutschen und amerikanischen Werkzeugmaschinenbau zu Modellen. Der Whitworthsche Guß war erstklassig. Den Höhepunkt bildete die erste Weltausstellung in London im Jahre 1851. Bis dahin kannte man nur Provinzial- und Landesausstellungen, jetzt machte man — ermutigt durch das angewachsene Eisenbahnnetz und die Ausgestaltung des internationalen Handels — den ersten großen Versuch einer Weltschau. Sie hatte einen bedeutenden Erfolg. Unter den ausgestellten Werkzeugmaschinen war die englische Maschine tonangebend; die Whitworth-Maschinen bildeten eine Klasse für sich. — Abgesehen vom Konstruktiven beruht Whitworth' größtes Verdienst in der Entwicklung der Werkstattstechnik in der von Maudslay und Clement bereits eingeschlagenen Richtung. Hierzu gehört vor allem die Herstellung genauer Schabeflächen, die Einführung normaler Loch- und Bolzenlehren sowie

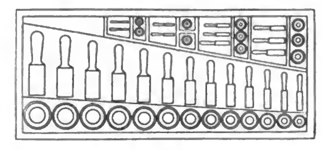


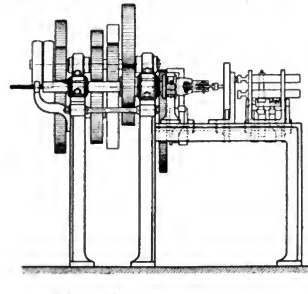
Abb. 23.

Ein Satz Whitworthscher Kaliber- und Ringlehren.

Nach: Clark, The Exhibited Machinery. 1862, S. 139.

Whitworth führte im Jahre 1857 Rundmaße mit festgelegtem Über- und Untermaß für die Passung ein und stellte Kaliberdorne und Ringlehren mit Abstufungen von etwa $^1/_{5000}$'' und $^1/_{10000}$'' Genauigkeit her. Die Whitworthschen Normallehren fanden weite Verbreitung.

die der Meßmaschine, die Normung der Gewinde, überhaupt die Schaffung einer bis dahin ungewohnten Genauigkeit der Fabrikation. Whitworth nahm dem wissenschaftlichen Instrumentebau und der physikalischen Mechanik die Herstellung genauester Maße aus der Hand und stellte damit den Werkzeugmaschinen- und Werkzeugbau an die erste Stelle in der Maschinenindustrie. In weitausschauender Weise erkannte Whitworth den Wert einer sinnvoll durchgeführten Vereinheitlichung, nicht nur der Maschinenelemente sondern ganzer Maschinengrößen. Er befürwortete in einer im Jahre 1856 gehaltenen Rede die Typisierung der Lokomotiven, Dampfmaschinen, Schiffsmaschinen, und wies auf die bereits damals in dieser Richtung weit fortgeschrittenen Amerikaner als vorbildlich hin. Whitworth' Autorität war so groß, daß die Engländer während der zweiten Jahrhunderthälfte auf seinen Konstruktionen und seinen Werkstattmethoden konservativ verharrten und sich dadurch von den durch keine Tradition gebundenen Nordamerikanern überflügeln ließen.



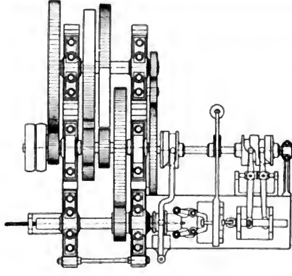


Abb. 24.
Whitworth' automatische Schraubendrehbank.
Nach dem englischen Patent Nr. 6850 vom Jahre 1835.
Die Maschine besitzt alle wichtigen Grundmerkmale der später besonders in Amerika entwickelten Schraubenautomaten: Vorschubpatrone (in Hakenform), Spannpatrone (zangenförmig) mit Spannkegel, Kurvenwelle mit Steuerhebeln, Rechts- und Linksgang (übrigens setzt das genannte Patent die automatischen Drehbänke für Holzschrauben grundsätzlich als bekannt voraus). Im Patent Nr. 8188 vom Jahre 1839 schuf Whitworth die Reibkegelumschaltung des Spindeldrehsinns und die moderne runde Vorschubpatrone.

Whitworth' Fabrik bestand in den 60er Jahren aus vier Teilen: den Abteilungen für Schraubenschneidmaschinen, Lehren, Werkzeugmaschinen aller Art und Geschützen. Technische Bureaus gab es nicht, konstruiert wurde in der Werkstatt. Der Zutritt zu den Werkstätten war wie in allen englischen Fabriken für fremde Besucher verboten.

Mit dem zunehmenden Alter ihres Leiters erstarrte die Whitworthsche Fabrik. Er selbst befand sich meist wegen artilleristischer Versuche in London. Der Amerikaner Porter berichtet von einem Besuch bei Whitworth im Jahre 1865, daß dieser sehr unumgänglich sei, und Leute mit eigenen Ideen mit ihm nicht zu verkehren vermochten. Die Zustände in der Werkstatt ließen sehr zu wünschen übrig. Die Dreher arbeiteten sehr schlecht und überließen die Genauigkeit dem nachherigen

Einschmirgeln. Die Passungen waren gewöhnlich zu stramm, und die Sitzflächen wurden deshalb beim Zusammenbau willkürlich zu locker geschliffen. Alle Drehbankspindeln der Werkstatt waren um etwa $^1/_8$ Zoll (!) locker, die Lager der Zahnräderfräsmaschinen wackelten — die Folgen einer 20 bis 30 jährigen Abnutzung. Arbeiten, die von der Regel abwichen, wurden sehr schlecht erledigt. Dabei wurden die Whitworthschen Werkstätten damals in Europa und Amerika immer noch als musterhaft angesehen.

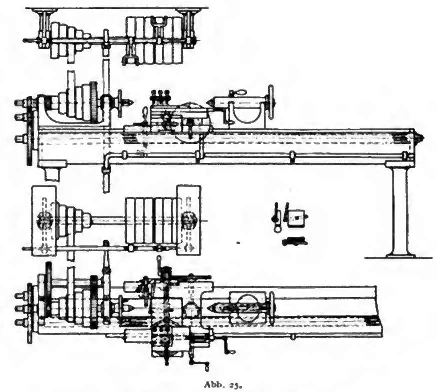


Abb. 25.

Whitworth' Drehbankverbesserungen.

Nach dem englischen Patent Nr. 6850 vom Jahre 1835.
Die Drehbank zeigt die Whitworth'sche Bettquerschnittform, innen gelagerte Leitspindel, ausrückbare Segmentmutter, modernes Rädervorgelege, selbsttätigen Planzug, Kegelräderwendegetriebe für die Leitspindel, 1-Supportform, selbsttätige Umlegung des Antriebriemens vom Deckenvorgelege mittels einer Support-Anschlagstange.

Die Weltausstellung in London vom Jahre 1862 zeigte, daß sich die Ausbildung von Einheitstypen bereits anbahnte; die einzelnen Maschinen waren einander ähnlich geworden. Mit wenigen Ausnahmen besaßen die Maschinen Hohlgußkörper, die Drehbänke durchweg gußeiserne Betten. Alle Gleitflächen waren geschabt, die Schrauben einheitlich. Diese Ausstellung zeigte aber schon keinen bedeutenden Fortschritt mehr gegenüber der von 1851, die Verbesserungen betrafen größere Schwere der Konstruktion, bessere Aufnahme der auftretenden Kräfte, größere Rücksichtnahme bei der Formgebung auf die Bearbeitbarkeit und vermehrte Selbstgänge. Auf anderen Gebieten war England schon überflügelt; so waren die in London aufgestellten Kruppschen Geschütze den englischen weit überlegen. Der Höhepunkt des englischen Werkzeugmaschinenbaues war weit überschritten, ein Stagnieren und Ausruhen auf den Lorbeeren Whitworth' war eingetreten.

Ansätze zu einer Befruchtung durch die junge amerikanische Werkstattstechnik (Einrichtung der Gewehrfabrik in Enfield mit amerikanischen Maschinen im Jahre 1855, Gründung eines Zweigwerkes der amerikanischen Coltschen Revolverfabrik bei London um die gleiche Zeit) waren vorhanden, blieben aber Einzelerscheinungen.

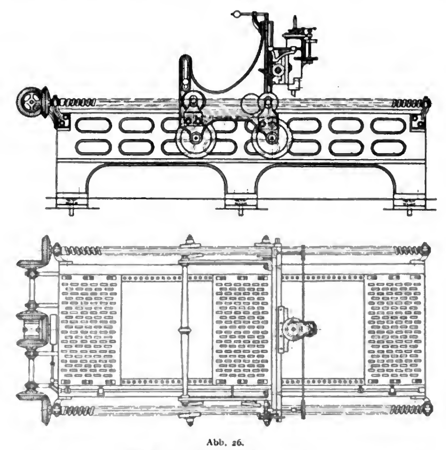


Abb. 26.

Whitworth' erste Hobelmaschine.

Nach dem englischen Patent Nr. 6850 vom Jahre 1835.

Werkstück steht fest. Querbalken mit dem Werkzeug läuft auf Rollen. Antrieb des Querbalkens durch zwei außen am Bett gelagerte Schraubenspindeln mit hoher Steigung und ein Kegelräderwendegetriebe. Die Spindelmuttern werden durch große umlaufende Rollen gebildet; Hobelstahl sitzt im Wendestahlhalter. Die Maschine bedeutet der von Roberts (siehe Abb. 14) gegenüber keinen Fortschritt.

Vierte Periode: Whitworth' Nachfolger.

Die Pariser Ausstellung 1867 zeigte gute, aber durchweg bekannte Whitworthsche Modelle, die den kontinentalen Maschinen nicht mehr überlegen waren. Damals schrieb „Engineering" noch, die in Paris ausgestellten Sellersschen Maschinen, für welche starke Reklame gemacht wurde, könnten sich nicht mit den genauen Whitworthschen Maschinen messen. Auf der Ausstellung in Wien 1873 kamen die englischen Werkzeugmaschinen gegen die amerikanischen nicht mehr auf. Jetzt begannen auch englische Fachzeitschriften, die zum Teil schon 1867 davor gewarnt hatten, daß die englischen Werkzeugmaschinenbauer sich für überlegen hielten, die Gründe für die Überlegenheit amerikanischer Maschinen zu untersuchen; die Berichte über die Ausstellung in Philadelphia klingen recht besorgt.

Für Europa blieb der Whitworth-Stil bis anfangs der 70er Jahre unbestritten tonangebend. Karmarsch erwähnt in seiner „Technologie" vom Jahre 1872 amerikanische Maschinen noch gar nicht, während die englischen sehr ausführlich behandelt werden. Mit

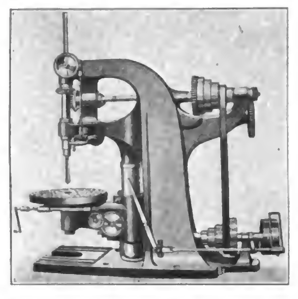


Abb. 27.
Senkrechtbohrmaschine, Fairbairn-Typ.
Nach Clark: The Exhibited Machinery of 1862, S. 170.
Die Maschine wurde im Jahre 1862 auf der Londoner Weltausstellung gezeigt. Typisch ist die im Gestell gelagerte Gegenstulenscheibe. Für die Tischschwenkung ist eine besondere Rundsäule vorgesehen. Vorschub der Bohrspindel durch Zahnstange und Ritzel (kein rascher Rückzug von Hand).

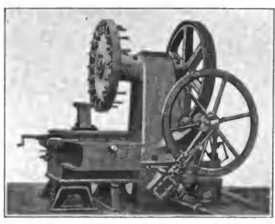


Abb. 28.
Fräsmaschine mit Einzelantrieb von Joseph Whitworth & Co.
Nach: Machinery November 1909, S. 190.
Gebaut etwa im Jahre 1867, diente zum Abfräsen von Flächen an Schiffsmaschinenzylindern und ähnlichen großen Werkstücken. Jedes Fräsmesser des großen Schneidkopfes wird durch eine Klemmplatte und zwei Schrauben festgehalten, die Messer können auch in den Umfang statt in die Stirnfläche eingesetzt werden. Größere Maschinen wurden damals mehrfach mit Einzelantrieb durch Dampfmaschine ausgerüstet, besonders in Kesselfabriken und Blechbearbeitungsbetrieben. Nasmyth war der erste, der diese Antriebsart ausführte.

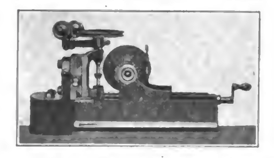


Abb. 29.
Whitworth's Räderfräsmaschine.
Nach: Machinery November 1909, S. 190.
Eine Maschine dieser Bauart (wagerechte Achse des zu schneidenden Rades, lotrechte Fräserachse) wurde im Jahre 1835 patentiert, die Konstruktion wurde für die folgenden Jahrzehnte vorbildlich. Die Teilscheibe besitzt mehrere Lochkreise, dagegen keine Wechselräder. Die Frässpindel ist in wagerechter und in lotrechter Ebene schwenkbar.

dem Wiederaufleben der deutschen Maschinenindustrie nach der großen Gründerkrise trat die Vorliebe für englische Modelle zugunsten der amerikanischen auch in Deutschland stark zurück und erhielt sich hauptsächlich nur noch im Chemnitzer Bezirk.

Auf der Ausstellung in Philadelphia 1876 taten sich die englischen Maschinen nur noch durch ihre ruhigen, schönen einfachen Formen hervor; in konstruktiver Hinsicht



Abb. 30.
Revolverkopf-Bohrmaschine von A. Shanks & Co.

Nach Clark: The Exhibited Machinery of 1862. S. 192.

Die Maschine wurde im Jahre 1862 auf der Londoner Weltausstellung gezeigt. Der Rahmen mit den vier Bohrspindeln liegt exzentrisch zur mittleren Antriebsspindel derart, daß immer nur die über dem Bohrtisch stehende Spindel gekuppelt ist. Die Durchmesser der einzelnen Spindelreibräder entsprechen der Art und Größe des betreffenden Bohrwerkzeuges. (Amerikanische Revolverkopf-Bohrmaschinen — Bauart Quint — mit wagerechter Kopfachse, tauchten erst bedeutend später auf.)

boten sie nichts. Englische Werkzeuge hielten anscheinend die Konkurrenz mit den amerikanischen etwas länger aus, wenigstens berichtet der Amerikaner Porter, daß er in der Zeit 1867 bis 1868 bei Smith & Coventry in Salford bei Manchester Werkzeuge kaufte, die einschließlich Zoll und Fracht billiger wurden als die in Amerika gekauften.

Auf die besonderen Ursachen des Stillstands der englischen Werkzeugmaschinenindustrie ist oft hingewiesen worden. Er findet vor allem seine Gründe in dem allgemeinen Stillstande der englischen Industrie, der in den 60er Jahren eintrat. Dieser spiegelt sich beispielsweise in der Anzahl der jährlich erteilten „vorläufigen" Patente wieder. Nach dem Erlaß des neuen Patentgesetzes vom Jahre 1852 stieg diese Jahresziffer von 1211 im Jahre 1852 auf 3045 in 1853 und wuchs dann sehr langsam bis auf nur 3782 im Jahre 1869.

Die in England, Amerika und Deutschland erteilten Patentziffern[1]) beliefen sich

	bis zum Jahre 1870 auf etwa	von 1871 bis 1900 auf etwa
England	53 408	236 459
Amerika	120 573	554 371
Deutschland	9 996	124 692

Ein Bild von der Regsamkeit der einzelnen englischen und amerikanischen Sonderzweige der Metallbearbeitungsindustrie ergibt folgende Zusammenstellung der in einigen Gruppen erteilten deutschen Patente (nach dem Stande vom Oktober 1911; das Ergebnis ist also durch den im 20. Jahrhundert einsetzenden Aufschwung der englischen Werkzeugmaschinenindustrie etwas verwischt).

Klasse	Gruppe	Gegenstand des Patents	Staatsangehörigkeit des Patentinhabers		
			England	Amerika	Deutschl.
49a	11	Revolverdrehbänke	5	24	32
49a	42	Spiralbohrer u. dgl.	3	1	19
49a	45	Fräsmaschinen	—	3	21
49a	51	Maschinen zum Fräsen von Zahnrädern	1	13	48
49a	55	Fräser und Fräsköpfe	4	4	58
49b	6	Zahnräderhobelmaschinen	7	6	20
49c	1	Schraubenschneidmaschinen . . .	8	35	70
49c	9	Gewindeschneidköpfe	3	11	36
67a	9	Maschinen zum Schleifen und Polieren zylindrischer Körper . .	3	14	35
67a	28	Schutz- und Staubabsaugevorrichtungen an Schleifscheiben . .	—	—	26 (!)

[1]) Die Zahlen entstammen dem Annual Report des amerikanischen Patentamts vom Jahre 1900.

Jedenfalls fehlte in England sowohl der Zwang eines stark erweiterten Inlandbedarfs als des Ausfuhrbedürfnisses, wie es in Amerika und Deutschland anregend auf die Maschinenentwicklung einwirkte.

Die Verlangsamung in der Zunahme der Produktivität geht aus den Ausfuhrziffern hervor. Der englische Export stieg in den Jahren

1851—1860 um 85 vH
1861—1870 um 56 vH
1871—1880 um 33 vH
1881—1890 um 7 vH
1891—1899 um 0 vH.

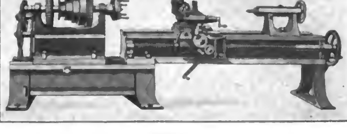
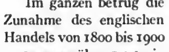


Abb. 31.

Leitspindeldrehbank von P. Fairbairn&Co mit verstellb. Kröpfung.

Nach Clark: The Exhibited Machinery of 1862, S. 167.

Die Maschine wurde im Jahre 1862 auf der Londoner Weltausstellung gezeigt. Spitzenhöhe 10". Der Spindelstock ist auf dem Bett verschiebbar. (Verstellbare Kropfungen führten die Amerikaner erst mehrere Jahrzehnte später dadurch aus, daß das Oberbett mit dem Support auf dem Unterbett verstellt wurde; diese Anordnung vermeidet die erschwerten Antriebsverhältnisse der engl. Ausführung).



Im ganzen betrug die Zunahme des englischen Handels von 1800 bis 1900 1 : 14 gegenüber 1 : 34 in Preußen bzw. Deutschland und 1 : 149 in Nordamerika.

Die Zunahme des Jahreswerts der gewerblichen Produktion beträgt nach den Schätzungen von Mulhall für den Zeitraum 1860 bis 1894 in England das 1,52fache, in Nordamerika das 4,98fache.

Verhältnismäßig günstig stand die englische Eisenerzeugung da, die noch im Jahre 1871 größer war als die aller anderen Länder zusammen.

Fünfte Periode: Amerikanischer Einfluß.

Daß die auf ihre große gewerbliche Vergangenheit stolzen Engländer sich nicht so rasch wie die Deutschen, denen eine derartig alte industrielle Tradition fehlte, zu einem Umlernen nach der amerikanischen Richtung verstanden, erscheint begreiflich. Dazu kam als Hemmung die konservative Haltung der englischen Arbeiter. In den 80er Jahren war die Arbeitszeit in England kürzer, der Lohn höher als auf dem Kontinent, der dadurch im Vorteil war. Die Trade Unions verlangten, daß ein Maschinenarbeiter nicht weniger verdiene als ein geschickter Handarbeiter, der vorher die gleiche Arbeit verrichtete, sie verhinderten die gleichzeitige Bedienung zweier Maschinen durch einen Arbeiter, die Einführung und den Bau automatischer Maschinen

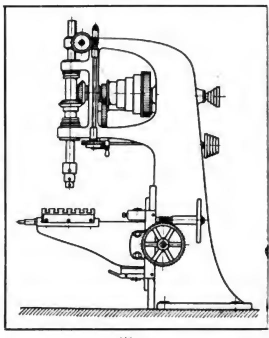


Abb. 32.

Senkrechtbohrmaschine, Whitworth-Typ.

Nach Clark: The Exhibited Machinery of 1862, S. 135.

Die Maschine wurde im Jahre 1862 auf der Londoner Weltausstellung gezeigt. Typisch ist die oben im Gestell gelagerte Antriebsstufenscheibe; Gegenstufenscheibe auf dem Deckenvorgelege. Bemerkenswert: Der Tisch ist in zwei lotrechten Zapfen schwenkbar. Vorschub der Bohrspindel durch Zahnstange und Ritzel (kein rascher Rückzug von Hand).

(da auch zu ihrer Bedienung je 1 Mann angestellt werden mußte), den Schnellbetrieb, die Leistungserhöhung der einzelnen Maschinen usw. Die Nachfrage nach guten Werkzeugen ging vollends zurück. Selbst die Entwicklung der Revolverdrehbänke wurde gehindert; lieber ließ man die betreffenden Arbeitsstücke von Lehrlingen auf der Drehbank bearbeiten. Nicht wenig sprach bei dem industriellen Niedergange Englands die schlechte technische Erziehung mit, die rein patriarchalisch, nicht methodisch-schulmäßig, gehandhabt wurde und erst von der Mitte der 90er Jahre an auf wissenschaftliche Grundlage gestellt wurde. Die konstruktive Unproduktivität spiegelt sich in den englischen Fachzeitschriften wieder; in den 70er und 80er Jahren finden sich zwar gute belehrende Abhandlungen über einzelne Fachgebiete der Metallbearbeitung, an Konstruktions- und Betriebsmaterial wird aber wenig Anregung gegeben und von den amerikanischen Neuerungen nicht der Gebrauch gemacht, den sie verdienten. Von einigen Ausnahmen abgesehen (so bauten Shanks & Co. in London im Jahre 1862 amerikanische Säulenbohrmaschinen) blieb der Manchester-Typ der englischen Werkzeugmaschinen bis in die 90er Jahre so gut wie unverändert. Die Konstruktionen bildeten sich zu gleichartigen Typen aus, die Modellgrößen wurden gleichmäßig, und auch ein gewisser Preisausgleich trat ein. Die Maschinen blieben — der Gewohnheit des englischen Arbeiters entsprechend — schwer und klobig. Uralte Maschinen blieben im Gebrauch, ein Umstand, dem übrigens auch die Erhaltung der von Maudslay und seinen Zeitgenossen persönlich benutzten Maschinen zuzuschreiben ist. Spezialfabriken für einzelne Werkzeugmaschinenklassen blieben noch unbekannt; neue Sondermaschinen wurden fast nur vom Verbraucher für den eigenen Bedarf gebaut. Im Jahre 1883 waren laut Engineering die Preise der englischen Maschinen etwa doppelt so hoch als die der amerikanischen; dabei waren damals die Löhne für erstklassige Arbeiter in beiden Ländern etwa gleich hoch, für zweitklassige Arbeiter in Amerika höher als in England; die tägliche Arbeitszeit des englischen Arbeiters war um 10 v H kürzer als die des amerikanischen.

Trotz der hohen Preise und der rückständigen Konstruktionen des inländischen Maschinenbaues war der Stolz der Engländer noch in den 80er Jahren so groß, daß viele die amerikanischen Werkzeugmaschinen als „jim-cracks" ablehnten.

Vor dem Bürgerkriege (1861 bis 1865) waren amerikanische Maschinen und Werkzeuge für den englischen allgemeinen Maschinenbau nur gelegentlich von Besuchen englischer Fachleute in Amerika gekauft worden. Eine Einfuhr in größerem Maße begann dann — trotz der nach dem Bürgerkriege einsetzenden amerika-feindlichen Stimmung — Mitte der 60er Jahre; es handelte sich dabei fast nur um Werkzeuge (besonders durch die Firma Churchill), um Futter der Cushman Chuck Co., dann auch um Morse-Spiralbohrer und Meßwerkzeuge. An Maschinen wurden Brown & Sharpesche Fabrikate, erstklassige Drehbänke, gelegentlich auch einmal eine Bohrmaschine eingeführt.

Anfangs der 90er Jahre begann das englische Vorurteil gegen amerikanische Maschinen allmählich zu schwinden, und zwar trug hierzu vor allem das Wachstum der Fahrradfabrikation bei, für die in England keine Sondermaschinen geschaffen wurden, während Amerika gute Konstruktionen von automatischen Sondermaschinen anzubieten hatte. Es scheint, als ob der englische Werkzeugmaschinenbau damals völlig verkalkt und zu einer Reform aus eigener Kraft außerstande war. Das geht beispielsweise daraus hervor, daß — obgleich mehrere Jahrzehnte lang amerikanische Bohr- und Drehfutter in England eingeführt worden waren — Mitte der 90er Jahre noch keine Futterfabriken in England bestanden.

In den Jahren 1890 bis 1896 stieg der Wert der von Churchill nach England eingeführten amerikanischen Maschinen jährlich um 15 bis 20 vH. Vom Jahre 1890 ab widmete sich denn auch die amerikanische Propaganda in stärkerem Maße dem englischen Absatzgebiete; die Zeitschrift „American Machinist" ließ von diesem Jahre ab eine englische Ausgabe in London erscheinen. Um 1896 war die Einfuhr infolge der Hochkonjunktur im Fahrradbau besonders stark. Von den in diesem Jahre angemeldeten Erfindungen bezogen sich 5600 auf Fahrräder. Es gab damals zwei englische Importfirmen für amerikanische Werkzeugmaschinen.

Der Mittelpunkt des englischen Fahrradbaues war Coventry, wo auch die früher bedeutende Taschenuhrenindustrie heimisch war. Im Jahre 1897 setzte infolge von Streiks ein Kampf der englischen Industrie gegen die unerträglich gewordene Herrschaft der Trade Unions ein, und man ging jetzt zu einer Reform der Betriebe nach amerikanischem Muster über, wie sie in Deutschland schon längst im Gange war. Die Einfuhr leichter amerikanischer Maschinen stieg bis zur Erfindung des Schnellstahls, dessen Herstellung in Sheffield sehr energisch aufgenommen wurde, und der die schwere englische Maschine wieder zu Ehren brachte. Maschinen, die für die Ausfuhr in Betracht kamen, gab es bis dahin nur wenige; es waren dies hauptsächlich einige Sondermaschinen für den Schiffbau, schwere Revolverdrehbänke (Alfred Herbert Ltd., Coventry, die im Jahre 1887 mit 12 Arbeitern gegründete, später führende Fabrik) und einige Sonderfräsmaschinen (Langlochfräsmaschinen), alles Maschinen ohne besondere Eigenart und Bedeutung. Dabei war der Gesamtbedarf an englischen Maschinen, besonders landwirtschaftlichen Maschinen, in Deutschland in den 90er Jahren noch recht hoch; im Jahre 1891 bezog Deutschland (nach „The Engineer") 61,7 vH, im Jahre 1900 aber nur noch 35,8 vH seiner Maschinen aus England (8,7 vH bzw. 36 vH aus Amerika).

Eine Spezialisierung haben die englischen Fabriken bis zum Jahrhundertende nicht in nennenswertem Maße eingeführt.

Über die Genauigkeit der englischen Werkstättenarbeit gegen den Ausgang des 19. Jahrhunderts ein Urteil abzugeben ist schwer. „American Machinist" (1907) lobt das bessere Aussehen der englischen Maschinen und die Gewissenhaftigkeit der englischen Werkzeugmaschinenbauer, die sorgfältiger passen und schaben sollten als die Amerikaner. Als Beleg dafür wird angeführt, daß eine englische Firma alle amerikanischen Werkzeugmaschinen nacharbeitete, bevor sie sie in Gebrauch nahm. Andere Urteile behaupten dagegen die überlegene Genauigkeit der amerikanischen Maschine, auf deren Höhe nur zwei englische Firmen stehen sollten; nach anderen wieder seien die amerikanischen Bohr- und Schleifmaschinen tadellos, die englischen Drehbänke aber besser als die durchschnittlichen amerikanischen. Abgesehen von der Genauigkeit legt der englische Konstrukteur den Hauptwert auf die Dauerhaftigkeit, der amerikanische dagegen auf die Handlichkeit. — Das äußere Aussehen vieler Maschinen, auch solcher erster Firmen, war noch zum Schluß des Jahrhunderts sehr mangelhaft.

Die Werkstättenorganisation blieb lange mangelhaft; „Engineering" schrieb beispielsweise im Jahre 1901, daß es bis vor kurzem keine Werkzeugmacherei in englischen Maschinenfabriken gab.

Die einige Jahre nach der Jahrhundertwende einsetzende Reform des englischen Werkzeugmaschinenbaues (gekennzeichnet durch die Erfolge auf der Genter sowie der ersten und zweiten Olympiaausstellung) ist durch neuere Veröffentlichungen bekannt geworden. Nach „Iron Age" gab es in England im Juli 1919 rund 20

Werkzeugmaschinenfabriken mit 32000 Arbeitern gegen 26000 im Jahre 1914. Elf große Werkzeugmaschinenfabriken waren zwecks Spezialisierung und gemeinsamer Verkaufsorganisation zusammengeschlossen, und hatten in Belgien, Frankreich, Holland, Italien und Argentinien Vertretungen mit fachmännischen Angestellten unter Leitung von Ingenieuren errichtet.

Quellen.

Bücher:

Beck, L., Geschichte des Eisens. 1899.
„Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie."
Buchanan, Practical Essays on Mill Work. 1841.
Goodeve and Shelley, The Whithworth Measuring Machine. 1877.
Holtzapffel, Turning and Mechanical Manipulation. 1843.
Jouveaux, Henry Maudslay. 1868.
Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie. 1851.
Karmarsch, Geschichte der Technologie. 1872.
Matschoss, Entwicklung der Dampfmaschine. Berlin, 1908.
Richards, The Economy of Workshop Manipulation. 1876.
Schmoller, Grundriß der allgemeinen Volkswirtschaftslehre. 1904.
Shelley, Workshop Appliances. 1873.
Smiles, James Nasmyth. 1883.
Whitworth, On Guns and Steel. 1873.
Whitworth, Papers on Mechanical Subjects. 1882.
Wiebe, Handbuch der Maschinenkunde. 1858.

Ausstellungsberichte.

Weltausstellung London 1862, Paris 1867, 1878, 1900, Wien 1873, Philadelphia 1876, Chicago 1893.

Zeitschriften:

American Machinist.
Dinglers Polytechnisches Journal (ab 1820).
Engineering (ab 1867).
Machinery.
The Engineer (einige Jahrgänge).
Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes (ab 1822).
Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure (ab 1857).
Zeichnungen der „Hütte" 1854—1891.

Kataloge

englischer Firmen von den 70er Jahren an.

Patentschriften.

Ein staatlicher Bergwerksschwindel im 18. Jahrhundert[1]).

Von

Geh. Bergrat Prof. A. Schwemann, Aachen.

Am 17. August 1786 starb Friedrich der Große, und sein Neffe Friedrich Wilhelm II. bestieg Preußens Thron. Der unzertrennliche Begleiter und Ratgeber des jungen Königs, Johann Rudolf v. Bischoffswerder, geb. am 13. November 1741, wurde kurz nach der Thronbesteigung zum Oberstleutnant und Flügeladjutanten, bald darauf zum Generaladjutanten und General befördert. Dieser im Verein mit dem berüchtigten Geheimen Finanzrat Wöllner, der 1788 zum Unterrichts- und Kultusminister ernannt wurde, hat den größten Einfluß in der Kabinettsregierung Friedrich Wilhelms II. gehabt, der sich so weit erstreckte, daß der König in große Schwindeleien hineingerissen wurde, welche erst mit seinem Tode ein Ende nahmen.

Wöllner war Zirkeldirektor der Rosenkreuzerloge Friedrich zum goldenen Löwen zu Berlin, der auch Bischoffswerder angehörte[2]). Die Rosenkreuzer behaupteten, im Besitze einer uralten verborgenen Theosophie sowie alchimistischer Geheimnisse zu sein; sie behaupteten ferner, die wahre Naturkunde sei nur ihnen bekannt, sie könnten jedes Metall in Gold verwandeln und verständen, Universalmittel von unfehlbarer Kraft zu bereiten, jedoch gehöre unbekannten Oberen unbedingter Gehorsam. Die mystischen Lehren dieses Ordens machten auf das weichliche Gemüt des damaligen Kronprinzen Friedrich Wilhelm einen solchen Eindruck, daß er sich am 5. April 1781 in Dresden in den Orden aufnehmen ließ und nunmehr ganz unter dem Banne der Rosenkreuzer stand. Als König ließ er sich durch die Rosenkreuzer verleiten, einen großartigen Bergwerksschwindel ins Leben zu rufen, welcher so recht den verderblichen Einfluß der Ratgeber des Königs zeigt, und der auch einen starken innerpolitischen Beigeschmack hat.

In der Nähe des Dorfes Alvensleben im Kreise Neuhaldensleben bei Magdeburg war in der Mitte des 17. Jahrhunderts mehrfach der Versuch gemacht worden, einen Bergbau auf Kupferschiefer ins Leben zu rufen. Mehrere gewerkschaftliche Betriebe waren entstanden, aber immer wieder wegen schlechter Betriebsergebnisse aufgegeben. Von diesen Versuchen hatte der Hofintendant Boumann in Berlin, welcher ebenfalls Mitglied der Ordensgesellschaft der Rosenkreuzer war, im Jahre 1787 Kenntnis erhalten. Er veranlaßte den Münzwardein Graff in Berlin, das Erzvorkommen zu untersuchen und ein Urteil abzugeben, ob die Wiederaufnahme des Bergbaus vorteilhaft sei. Der Bericht Graffs war so glänzend, daß Boumann ihn an seinen Ordensbruder Wöllner,

[1]) Nach Akten des Zivilkabinetts Friedrich Wilhelms II., Geh. Staatsarchiv, Berlin, und des Handelsministeriums, Bergbauabteilung.

[2]) M. Philippson, Geschichte des preußischen Staatswesens vom Tode Friedrichs des Großen bis zu den Freiheitskriegen. Bd. 1, S. 73.

den vertrauten Ratgeber des Königs, weitergab. Dieser unterbreitete ihn am 28. April 1788 dem Könige. Auf Betreiben Wöllners beauftragte der König durch die Kabinettsordre vom 8. Juli 1788 den Kammerpäsidenten der Magdeburgischen Kriegs- und Domänenkammer v. Puttkammer und den Geheimen Kriegs- und Domänenrat Stegemann, die Sache zu untersuchen. Richtig wäre es gewesen, den sachverständigen Bergwerksminister v. Heinitz mit der Untersuchung des Erzvorkommens zu betrauen, aber das wollte Wöllner nicht. Der daraufhin erfolgte Bericht Stegemanns war geradezu überspannt. Stegemann behauptete, es wären in Alvensleben 200 000 Fuder Erze vorhanden, ein Wert von 27,6 Millionen Taler, „welcher jetzt todt und ungenützet in der Erde liegt." Ein Jahrhundert lang könnten jährlich 2000 Fuder verarbeitet werden und hieraus ein Überschuß von 12 170 675 Taler fließen. Man brauche nur 64 105 Taler aufzuwenden, um später einen jährlichen Überschuß von 117 669 rt, 2 g 12 ₰ zu erzielen. Alle diese Zahlen fußten jedoch auf den günstigen Probeergebnissen des Münzwardeins Graff. Inzwischen hatte der Berghauptmann v. Veltheim, der Direktor des Rothenburger Oberbergamts, in dessen Bezirk Alvensleben lag, dem Minister v. Heinitz ebenfalls über die Wiederaufnahme des Betriebes und über stattgefundene Versuche berichtet. Dieser Bericht ist nicht in den Akten zu finden, aber er muß sehr ungünstig gewesen sein, besonders auf Grund neuer Erzproben, welche vermutlich auf den Mansfelder Hütten ausgeführt worden sind. Heinitz hielt es für seine Pflicht, den Bericht von Veltheims dem Minister Wöllner mitzuteilen und ihn zu warnen, sich auf einseitige Probierergebnisse zu verlassen, er habe eine 50jährige Praxis hinter sich und wisse, daß die Proben verschieden ausfielen. Er gab ihm den Rat, die Erze noch an anderen Stellen probieren zu lassen. Wöllner antwortete jedoch am 21. Oktober 1788 im Vollgefühle seiner Macht — er war vor kurzem, am 3. Juli, Minister geworden — in seiner anmaßenden und polternden Weise: „Ich wollte dem v. Veltheim doch wohl nicht raten, daß er sich nun nicht weiter um alles dasjenige kümmern möchte, was der Präsident v. Puttkammer in dortigen Gegenden auf immediate ordres im Bergbau vornehmen möchte, weil es ihm übel ausgelegt werden möchte, da dem Könige schon Berichte zu Händen gekommen sind, welche mit Proben erweisen, die den Herrn v. Veltheim sehr in Verwunderung setzen würden." Er fügt dann am Ende des Schreibens Heinitz gegenüber hinzu: „Wir können ja dem Könige leicht die Freude lassen, sich hiermit immediate zu beschäftigen."

Wöllners Streben ging dahin, Heinitz in dieser Sache vollständig auszuschalten, obwohl dieser der zuständige Minister war. Er fürchtete die Sachkenntnis und den geraden Sinn Heinitz'. Heinitz ließ sich nicht in das Schlepptau der Rosenkreuzer nehmen, er blieb in seiner Meinung und in seinem Tun selbständig, war daher dem Wöllner ein Dorn im Auge. Heinitz war fromm, er gehörte zu den Stillen im Lande, aber von den orthodoxen Plänen Wöllners, welche sich in dem am 9. Juli 1788 herausgegebenen sogenannten Religionsedikt verdichteten, wollte er nichts wissen. Als hervorragender Naturkundiger hielt er den Kampf gegen die Aufklärung für verkehrt und töricht. Sachlich war er den Reformplänen Wöllners mehrfach, besonders im Anfange der Regierungszeit Friedrich Wilhelm II., entgegengetreten. Er hatte sich heftig gegen die Aufhebung des Tabak- und des Kaffeemonopols und gegen die Einführung einer Klassensteuer gewandt, ganz im volkswirtschaftlichen Sinne der Anschauungen des verstorbenen großen Königs. Er war eben Vertreter der Friederizianischen Zeit, während Wöllner und Bischoffswerder und mit ihnen der König — letzterer um sich beim Volke beliebt zu machen — sich in bewußten Gegensatz

hierzu stellten. Daher der kleinliche persönliche Haß Wöllners, und da dieser das ständige Ohr des Königs hatte, so ist das Verhältnis von Heinitz zu Friederich Wilhelm II. niemals ein gutes gewesen, sehr zum Nachteile der Entwicklung des preußischen Bergbaues. Kennzeichnend ist ein Schreiben Wöllners an den König vom 15. Mai 1789, in welchem er sagt: „In den Etats setzt Heinitz alle Ausgaben schrecklich hoch an. Bessern wird er sich wohl schwerlich, denn das sächsische Finanzsystem ist ihm schon zur zweiten Natur geworden. Es ist schade darum, da er übrigens das Bergwerksfach meisterhaft versteht." Trotz Anerkenntnis der Sachkunde wird hier gehetzt. Der Ton fast aller von Wöllner veranlaßten Kabinettsordres des Königs an Heinitz ist ein so schroffer und herrischer, daß, obwohl ihn der König mehrfach gemildert hat, man den gehässigen Charakter Wöllners hieraus deutlich erkennen kann. Bald nachdem Wöllner Minister geworden war, machte er auch einen Vorstoß, um Heinitz zu stürzen und sich damit des unbequemen Gegners seiner Absichten zu entledigen[1]).

Als am 11. November 1788 Klagen über hohe Salzpreise von den Ständen des Fürstentums Minden und bald hinterher auch von dem schlesischen Minister v. Hoym beim Könige einliefen, veranlaßte Wöllner den Monarchen am 22. November, eine Kommission, bestehend aus den Ministern Gaudi, Blumenthal und Werder, zur Untersuchung des von Heinitz geleiteten Salzdepartements einzusetzen. Diese Kommission sollte untersuchen, ob nicht Fehler in der Führung des Salzdepartements lägen, und ob nicht vieles dabei gespart werden könnte. Die Untersuchung sollte sich „vornehmlich auf den Kostenaufwand und die ganze innere Einrichtung erstrecken." Der Bericht dieser Kommission vom 27. November ist eine glänzende Rechtfertigung für Heinitz. Es heißt dort: „Der Etats-Minister v. Heinitz hat sich alle nur erdenkliche Mühe gegeben, nicht nur mehrere Menage bei der Feuerung einzuführen, sondern auch das Salz selbst zu wohlfeileren Preisen und besserer Qualität zu liefern, am allerwenigsten aber hat er sich eine eigenmächtige Erhöhung des Salzpreises zu schulden kommen lassen." Dies war jedoch nicht das, worauf Wöllner abzielte. Er veranlaßte daher am 2. Dezember eine Kabinettsordre, worin der Kommission aufgetragen wurde, zu berichten, „ob nicht die gegenwärtige Verwaltung des Salzwesens mehr koste als früher und ob nicht § 11 der Instruktion für die Oberrechnungskammer vom 2. November 1786 überschritten sei". Dieser Paragraph untersagte nämlich den Ministern ohne königliche Erlaubnis über mehr als 100 Thaler außeretatsmäßig zu verfügen. Der daraufhin erstattete Kommissionsbericht vom 11. Dezember bekundete, daß die Salzverwaltung etwa 20 000 Thaler jährlich weniger koste, daß aber bei der Anstellung von Beamten auf den extraordinären Etat der Salzkasse eine Ausgabe von 514 Thalern ohne königliche Genehmigung stattgefunden hätte. Nunmehr hielt es der von Wöllner aufgehetzte König für geboten, folgende geharnischte Kabinettsordre am 13. Dezember an die Kommission zu erlassen:

„Dem Etats-Minister Frhr. v. Heinitz werdet Ihr vigore Commissionis in Meinen Nahmen sagen, daß so wie Ich in seiner ganzen Departements-Administration ein gewisses independentes Verfahren bemerke, welches Mir nicht anstehet und er ablegen muß, wenn wir gute Freunde bleiben sollen, so zeige sonderlich der Punkt von der offenbahr überschrittenen und hintenangesetzten neuen Verordnung für das Generaldirektorium, in Absicht der Disposition über Kgl. Gelder, einen Un-

[1]) Forschungen zur brandenburgischen und preußischen Geschichte VII, 2, S. 111.

gehorsam gegen Meine ausdrücklichen Befehle an, den er mit nichts entschuldigen kann. (Das Folgende mit Rotstift unterstrichen.) Es sei in dem preußischen Dienst neben der Ehrlichkeit und Thätigkeit auch noch eine notwendige Pflicht, gehorsam zu sein. Denn Ich fordere bei dem Civil-Dienst von meinen Ministres eben die Folgsamkeit und den strengen Gehorsam, als Ich von meinen Generals bei der Armee fordere. Ich unterziehe mich der Regierungs-Geschäfte selbst, und werde daher Niemand erlauben, in den Departements eigenmächtige Verfügungen zu machen, sondern Ich will von allem vorher unterrichtet sein und verlange, daß man meine Befehle abwarte. Von diesen meinen Grundsätzen werde ich niemals abgehen und will es Keinem rathen, er sei wer er sei, solche aus dem Auge zu setzen. Ich bin Euer wohl affectionierter König Fr. Wilhelm. Nachricht Quod bene notandum und sol diese Ordre allen meinen Finantz-Ministren communiciert werden."

Den ehrliebenden und verdienten Minister packte diese grobe Zurechtweisung gewaltig an, das zeigen seine Eintragungen in sein Tagebuch in jenen Tagen. Er setzte sich daher hin und verfaßte ein Rechtfertigungs- und Entlassungsgesuch, in welchem er bittet: Die niedergesetzte Kommission zu befragen:

„1. Ob je einer meiner Antezessoren den Etat der extraordinären Salzkasse zur höchsten Bewilligung aufgeführter Ausgaben zur Kgl. Vollziehung vorgelegt und ob der jedesmalige Minister nicht die Disposition über das Extraordinarium gehabt? und ob es nun nicht nötig sei den extraordinären Etat vorzulegen?

Die Antwort der Kommissarien wird mich hoffentlich noch darüber rechtfertigen, daß ich den Ew. Kgl. Majestät schuldigen Gehorsam nicht aus den Augen gesetzt und nur in der Vorsicht gefehlet, daß ich jenen Etat bei Übernahme des Salzdepartements, sowie andere Allerhöchst denselben nicht mit vorgelegt. Wenn ich die Folgen hiervon hätte vorsehen können, so würde ich es mit aller Freimüthigkeit nach dem mir bis jetzt gnädigst bezeichneten Vertrauen, gewiß nicht unterlassen haben.

Ew. Majestät höchster Entschluß auf diese allergehorsamste Bitte würde mich zwar zur Fortsetzung der mir gnädigst anvertrauten Ämter von neuem beleben, wenn ich nicht in mir selbst das Gefühl trüge, daß bei dem fast erreichten 64. Lebensjahre man nicht mehr mit erforderlicher Munterkeit seine Pflichten erfüllen kann. Ich bitte also Ew. Kgl. Majestät ganz unterthänigst um Entlassung aus höchstdero Diensten und um die Erlaubnis, daß ich noch etliche Monate mich hier zur Berichtigung meiner Privatangelegenheiten aufhalten dürfe."

Dieses Rechtfertigungsschreiben und Entlassungsgesuch ist nicht abgeschickt worden. Der gutmütige König mußte wohl das Gefühl haben, zu weit gegangen zu sein oder von der Absicht Heinitzs, sein Abschiedsgesuch einzureichen, gehört haben, er schickte am 17. Dezember folgende Kabinettsordre an Heinitz:

„Ich habe keine Ungnade auf Euch und zum Beweise davon, schicke ich Euch den anliegenden Salzkassen extraordinarien Etat vollzogen zurück, ohngeachtet ich die 3042 Thaler Diäten und 1000 Thaler Gratificationes für ein Jahr zu hoch finde. Ihr sollt Euren Kollegen auf dem General-Direktorium bei dieser Gelegenheit sagen, daß Mir künftighin alle und jede Extraordinarien-Etats ebenso wie die Haupt-Etats zur Approbation vorgelegt werden sollen, denn ich will in allen Dingen informirt sein. Was ich Euch und allen Finantz-Ministres vorzüglich empfehle, ist dieses, die größte Sparsamkeit und genaueste Ökonomie bei allen Operationen zu beachten, weil dies ein Hauptprincipium der preußischen Staatswirtschaft immer gewesen ist und bleiben muß."

Der Ton dieser Kabinettsordre war ein anderer, obwohl der Inhalt ungefähr derselbe war wie der der früheren Ordre. Infolgedessen schickte Heinitz sein Entlassungsgesuch nicht ab und blieb im Amte. Wöllner, obwohl er damals auf dem Gipfel seiner Macht und seines Einflusses auf den König stand, hatte sein Ziel, Heinitz zu beseitigen, wie es ihm bei seinen Ministerkollegen v. Zedlitz und v. Schulenburg gelang, nicht erreicht, aber erreicht hat er durch sein Vorgehen, daß Heinitz sich ganz auf seinen Dienstbereich zurückzog und sich hinfort nicht mehr um den Hofklüngel und seinen Bergbau in Alvensleben kümmerte. Obwohl ihm später häufig Gerüchte über diese Schwindeleien zugetragen wurden, hat er erst eingegriffen, als nach dem Tode Friedrich Wilhelm II. der Schwindelbau vollständig zusammenbrach.

Um die Gründung und den Betrieb des Bergbaus in Alvensleben dem sachverständigen Einflusse Heinitz' und seiner Beamten auch sicher zu entziehen, veranlaßte Wöllner nunmehr den König, ein „Immediatbergamt" in Magdeburg zu begründen, welches durch die Kabinettsordre vom 29. Mai 1789 erfolgte. Der Alvenslebener Bergbau schied aus dem Bereiche des Bergwerksministers aus und Wöllner hatte freie Hand. Die Angelegenheit wurde nunmehr als eine Ordensangelegenheit der Rosenkreuzer betrachtet. Der inzwischen zum Geh. Finanz- und Oberbaurat ernannte Boumann wurde Direktor des Bergamtes. Dieser mußte seine Berichte an seinen Ordensbruder Bischoffswerder richten, welcher hierüber beim Könige Vortrag hatte. Wöllner trat hierbei anscheinend in den Hintergrund, aber als alleiniger Verwalter der Königlichen Dispositionskasse, welche die Gelder hergeben mußte, war er dennoch das wichtigste Mitglied dieser Ordenssippschaft. Wenn man hinzunimmt, daß dem Kabinett des Königs der Rosenkreuzer Geh. Kabinettsrat v. Beyme vorstand und der König selber Ordensbruder war, so fehlt hier nur einer der großen Einfluß am Hofe hatte, der berüchtigte Kammerdiener Geheimkämmerer Ritz, der Gatte der Maitresse des Königs, der späteren Gräfin v. Lichtenau. Vermutlich war dieser auch Rosenkreuzer, jedenfalls stand er mit den Rosenkreuzern in innigem dienstlichen und außerdienstlichen Verkehr, z. B. war er unter Wöllner der finanzielle Leiter des Schloßbaues auf der Pfaueninsel bei Potsdam, während Vater und Sohn Boumann als Architekten den Bau ausführten[1]).

Man kann sich nicht wundern, daß die Berichte Bischoffswerders an den König über den Alvenslebener Bergbau Ordenscharakter tragen, wie folgende Stelle im Berichte: „Der gute Bruder (Boumann) ist zu rasch, dies sind materialien zu deren Anwendung im Großen erst oberbrüderliche Vollmacht und Instructionen erfolgen muß."

Um die Gründung noch besser von fremdem Einfluß freihalten zu können, wurde am 30. November 1789 das Immediatbergamt von Magdeburg nach Alvensleben verlegt. Zu gleicher Zeit schieden die bisherigen Mitglieder des Bergamtes, Kammerdirektor Schoenwald und Geh. Kriegs- und Domänenrat Stegemann, als Mitglieder aus. Die technische Leitung des Bergbau- und Hüttenbetriebes in Alvensleben hatte am 12. September 1789 der Bergrat Rothe übernommen. Als Oberhütteninspektor wurde der Silberarbeiter Wehnde angestellt. Der Kriegs- und Domänenrat Tismar verblieb in Magdeburg, der Direktor Boumann in Berlin und der Chef des Bergamtes Bischoffswerder in Potsdam.

Zuerst wurde noch einigermaßen sachverständig vorgegangen. Man fuhr zunächst einen Stollen auf, mußte aber bald Schächtchen abteufen und eine Roßkunst für

[1]) Kopisch, Die königlichen Schlösser und Gärten zu Potsdam, S. 152.

die Wasserhaltung in Betrieb setzen. Der große Fehler lag jedoch von vornherein darin, daß man den Bergbau ins Leben rief, ohne vorher ein größeres Probeschmelzen der Erze zu veranstalten. Den Gehalt der Erze gab man in den Berichten zu 2 Pfund 8 bis 17 Lot Garkupfer und 2 bis $2^1/_2$ Lot Silber an, während er nach späteren Versuchen nur etwas mehr als die Hälfte an Kupfer und Silber betrug. Es wurden große und kostbare Hüttengebäude errichtet, welche jedoch niemals regelrecht in Betrieb gekommen sind. Die Schwierigkeit lag außer dem geringen Gehalt der Erze am Feuerungsmaterial. Holzkohlen waren dort sehr schwer zu haben und zu teuer. Koks zum Kupferschmelzen kannte man damals noch nicht. Etwas später wurden zwar Schmelzversuche mit Koks auf den Mansfelder Hütten gemacht, er wurde aber aus Oberschlesien bezogen. Man kam daher auf den Gedanken die Erze mit Torf zu schmelzen. Man legte einen umfangreichen Torfstich bei Ummendorf an, der dem Immediatbergamte, statt der Haupt-Torf-Administration, welche Heinitz leitete, unterstellt wurde. Aber die Versuche mißglückten gänzlich.

In der Etatsaufstellung war man gegenüber den ersten Berichten schon etwas bescheidener geworden. Die Pläne des Jahres 1790 sollten 116393 Thaler kosten und diese Summe sollte bis zum Jahre 1794 durch 70372 Thaler Überschuß zum größeren Teile getilgt werden. Im Jahre 1795 wollte man einen Überschuß von 27552 Thaler abliefern. Doch es kam anders. Da das Schmelzen der Erze sich als unvorteilhaft herausstellte, versuchte man, einen Saigerprozeß einzuführen. Als diese Versuche fehlschlugen, probierte man, das Silber durch Amalgamation auszuscheiden. Es wurde hierfür eine große Amalgamieranstalt errichtet. Als auch diese Versuche mißlangen, berief man einen Alchimisten Nothard, welcher nunmehr alle möglichen Proben in einem für die damalige Zeit kostbaren Laboratorium ausführte, die jedoch kien brauchbares Ergebnis erzielten. Als alles fehlschlug und die Versuche immer mehr Geld verschlangen, kam man auf alle möglichen Gedanken, welche mit der ursprünglichen Gewinnung von Kupferschiefer keinen oder nur losen Zusammenhang hatten. So wurde ein Mann namens Voigt beauftragt, aus dem bei Sommerschenburg vorkommenden Eisenstein Stahl zu bereiten. Die Versuche mißlangen. Ferner nahm man die in der Nähe liegenden verlassenen Steinkohlenbergwerke im Keuper bei Wefensleben und Mariaborn wieder auf, um die mit den Braunkohlen brechenden Schwefelkiese zu gewinnen. Auch diese Bergwerke wurden dem Immediatbergamt unterstellt. Es wurde eine Eisenvitriolhütte und Brennerei nebst Retortentöpferei errichtet, doch wurde sie nicht an Ort und Stelle in Wefensleben, sondern in Alvensleben erbaut und der Töpferton aus Hötensleben bezogen, so daß auch dieser an sich gesunde Zweig des Unternehmens keinen Erfolg hatte, weil er mit zu hohen Frachten belastet war. Ferner wurden bei Böhlsdorf ein Kalkbruch und mehrere Ziegeleien angelegt.

Mit den geförderten Steinkohlen glaubte man, große Geschäfte machen zu können. Man legte in Magdeburg, ja sogar in Spandau Kohlenniederlagen und Faktoreien an, die später wieder eingehen mußten, weil die Frachten für die minderwertige Steinkohle über Magdeburg hinaus zu hoch wurden, außerdem die Förderung viel zu klein war. Jahr für Jahr wurde mehr Geld für diese Versuche ausgegeben und nichts damit erzielt, obwohl man sich auf eigentümliche Weise half. Das Immediatbergamt beantragte nämlich, die Vereinigung des Domänenamtes Alvensleben mit dem Bergamte, um die Fuhren umsonst zu haben, die Bergleute in Naturalien lohnen und die etwaigen Überschüsse des Amtes zur Deckung der Ausfälle des Bergamtes benutzen zu können. Da Bischoffswerder diese ungewöhnliche Vereinigung dem Könige

empfahl, so wurde sie tatsächlich durch die Kabinettsordre vom 24. März 1796 für 24 Jahre befohlen.

Die Rosenkreuzer verstanden es jahrelang, die großen Ausgaben der königlichen Dispositionskasse dem Könige zu verbergen. Wöllner war ja alleiniger Verwalter dieser Kasse ohne jegliche Kontrolle von seiten der Oberrechnungskammer oder des Generaldirektoriums. Schließlich konnte jedoch der nachteilige Stand der ganzen Angelegenheit nicht mehr verheimlicht werden. Als dann im Dezember 1796 neue erhebliche Geldforderungen gestellt wurden, um nach den Vorschlägen eines Leutnants v. Raudel die Ausscheidung des Kupfers und des Silbers aus den Erzen auf nassem Wege auszuprobieren, wurden Wöllner und Bischoffswerder ängstlich und veranlaßten den König, eine Kommission mit der Untersuchung des Alvenslebener Bergbaus und der neuen Verhüttungsart, der Erzlaugerei, zu betrauen. Sie wußten es jedoch wieder zu hintertreiben, daß Heinitz oder sein Stellvertreter, der Berghauptmann Graf v. Reden, hiermit betraut wurden. Als Kommissare wurden ernannt der Leutnant v. Raudel, dessen Verfahren ausprobiert werden sollte, und der Obersanitätsrat und Professor Dr. Hermbstädt, der Physiker der Bergakademie und der Kriegsschule zu Berlin, welche beide jedoch vom praktischen Hüttenbetriebe nichts verstanden. Als Heinitz hiervon hörte, ließ er Bischoffswerder noch einmal durch den Berghauptmann v. Reden, der im Jahre vorher das Magdeburgische Bergrevier bereist hatte, warnen. Reden sprach sich gegen die Errichtung der neuen Hütte und gegen die Fortsetzung des aussichtslosen Bergbaues aus. Es half dies jedoch nichts, als die Kommission, welche für ihre Arbeiten den außerordentlich hohen Betrag von 3000 Taler erhielt, einen sehr vorteilhaften Bericht erstattete. Die Kosten der Laugereieinrichtung wurden zwar auf 38863 Thaler veranschlagt, aber die Betriebskosten so günstig beurteilt, daß von Trinitatis 1798 an 16180 Thaler Überschuß jährlich abgeliefert werden könnten. Der kranke König unter dem Banne Bischoffswerders genehmigte den Vorschlag der Kommission. Die Fortsetzung der Arbeiten wurde befohlen und die notwendigen Gelder angewiesen. Darauf wurden die Hüttengebäude wiederum umgebaut und erweitert. Aber auch diese Arbeiten schlugen fehl. Das Laugeverfahren stellte sich als viel zu kostspielig heraus. Nunmehr begann man alchimistische Schwindeleien, nachdem man vorher schon auf andere unrechtmäßige Weise versucht hatte, sich Geld zu verschaffen.

Das Braunkohlenwerk zu Hornhausen wurde am 15. Juni 1791 einem Herrn Brendel verliehen. Das Immediatbergamt erhob jedoch Anspruch auf dieses Bergwerk, weil es in dem Bezirke der alten Morslebener Gewerkschaft läge, deren Rechte es erworben hätte. Diese Rechte waren jedoch durch formgerechten Beschluß des Berg- und Hüttendepartements vom 14. Dezember 1775 erloschen. Da das Bergamt infolgedessen durch das Berg- und Hüttendepartement rechtmäßig nicht in den Besitz des Bergwerks gelangen konnte, so veranlaßte die Rosenkreuzergesellschaft vom Könige durch die Kabinettsordre vom 31. Mai 1795 eine Deklaration des alten Privilegiums der Morslebener Gewerkschaft, durch welche das Hornhausener Bergwerk dennoch in die Rechte des Bergamtes fiel, eine offenbare Rechtsbeugung. Soweit war es in Preußen gekommen. Dem weichlichen, kranken Könige waren die Zügel der Regierung völlig entglitten, allmächtige und gewissenlose Günstlinge machten ihn zum willenlosen Werkzeuge ihrer Taten und veranlaßten ihn zu einer rechtswidrigen Erklärung. Heinitz lehnte sich im Interesse des Besitzers Brendel hiergegen auf, aber ohne Erfolg. Er beschwerte sich, als das Bergamt einen Schacht neben dem Brendelschen abteufte, beim Könige. Dies half jedoch nichts, weil dieser den

Bericht, ebenso die Beschwerden des Besitzers, einfach an Bischoffswerder bzw. an Boumann weitergab und nicht weiteres hierauf erfolgen ließ. Da überwand sich Heinitz und schrieb an Bischoffswerder persönlich. Dieser versprach, das Gutachten eines Rechtsgelehrten einzuholen. Es geschah dies jedoch nicht, sondern es erging auf sein Betreiben am 18. April 1797 eine neue Kabinettsordre, worin gesagt wurde: „Mein ausdrücklicher Wille ist, daß der Bergbau auf der Hornhauser Feldmark gänzlich zugunsten des Alvenslebenschen immediat Bergamts gehöre." Es war dies ein glatter Bruch des Versprechens, der durch nichts entschuldigt werden kann. So etwas konnte der allmächtige Günstling Bischoffswerder sich einem Minister gegenüber erlauben. Aber damit war den Rosenkreuzern noch nicht genug getan. Den Inhalt der Kabinettsordre legten sie so aus, daß dem Bergamte nicht allein das Bergwerksfeld, sondern auch die vorhandene Bergwerksanlage Brendels gehöre. Das Bergamt verbot daher dem Eigentümer den ferneren Bergbau; ja nachdem eine ungesetzmäßige Vermessung des Bergwerksfeldes stattgefunden hatte, behauptete es, daß Brendel mehr Kohlen abgebaut habe als ihm zukomme und entsetzte ihn am 4. September 1797 mit Gewalt seines Eigentums. Aber auch damit begnügten sich die Rosenkreuzer noch nicht. Sie veranlaßten wiederum eine Kabinettsordre, vom 10. September 1797, wonach Brendel sich vor der Halberstädter Regierung für die zu Unrecht gewonnenen Kohlen zu verantworten hatte. Dies gewaltsame Vorgehen gegen Brendel unternahmen die Rosenkreuzer, weil, wie es in einem Berichte des Immediatbergamtes heißt: „. . . sie diesen Weg für besser hielten als einen Prozeß, der sich bis zu der noch lange von Gott gnädig abzuwendenden Thronveränderung verziehen könnte." Vielsagend ist die Tatsache, daß der Bergbau, sobald er unter die Verwaltung des Bergamtes kam, Zubuße erforderte, während er vorher und auch nachher mit Nutzen betrieben wurde.

Inzwischen wurden auf der Alvenslebener Hütte allerlei alchimistische Künste betrieben. Das Tollste aber war, daß der Alchimist Nothard behauptete, er könne aus Schwerspat und Pechblende Silber herstellen. Es wurde deshalb ein kostspieliger Schwerspatbergbau bei Stolberg a. Harz errichtet und betrieben. Nothard legte auch Gold- und Silberproben, welche er hergestellt haben wollte, vor. Sie wurden Bischofswerder eingeschickt, der sie dem Könige zeigte. Bei seinen alchimistischen Kunststücken fühlte sich Nothard so sicher und durch die Ordensgesellschaft so gedeckt, daß er die Frechheit hatte, Silbermedaillen in Braunschweig prägen zu lassen mit der Umschrift: „Tandem bona causa triumphat", wozu er etwas Silber aus der Amalgamieranstalt entnahm, das meiste aber ankaufte.

Schlimmer konnte der Schwindel nicht getrieben werden, er krachte auch sofort zusammen als König Friedrich Wilhelm II. am 16. November 1797 verschied und damit der Rosenkreuzermißwirtschaft am Hofe ein jähes Ende bereitet wurde. Schon 12 Tage nach dem Tode des Königs, am 28. November legte Heinitz dem neuen Könige Friedrich Wilhelm III. einen Bericht vor, in welchem er ausführte, daß folgende unter sein Departement gehörigen Werke ihm nicht unterstellt seien:

1. Das Stein- und Braunkohlenwerk zu Wettin (zum Salzdepartement gehörig);
2. der Kupferschiefer- und Steinkohlenbergbau des immediaten Bergamtes zu Alvensleben (durch Kabinettsordre vom 29. Mai 1789 dem General v. Bischoffswerder unterstellt);
3. Die Torfstechereien zu Caputte und Saarmund (durch Kabinettsordre vom 14. Dezember 1793 ebenfalls dem General v. Bischoffswerder unterstellt);

4. das Eisenhüttenamt zu Rybnick (der Breslauer Kriegs- und Domänenkammer unterstehend);
5. die Steinkohlen- und Eisenwerke in den zuletzt acquirierten Distrikten der Woywodschaft Krakau (unter Aufsicht der Breslauer Kriegs- und Domänenkammer).

Heinitz beantragt die Unterstellung dieser Werke unter seine Aufsicht und fährt dann fort: „Daß es gut sei, daß diese Berg- und anderen Werke ohne Konkurrenz des Bergdepartements etabliert sind, und betrieben werden, davon habe ich mich nie überzeugen können, ich habe es aber für meine Pflicht gehalten, den desfalls empfangenen Ordres, da meine Gutachten nie erfordert worden, zu gehorchen. Die meisten der vorgedachten neuformierten Anlagen scheinen Gegenstände einer Finanzspekulation zu sein, wozu ich freilich nicht geraten haben würde, weil ich überhaupt nicht glaube, daß Bergbau und Hüttenbetriebe weniger unter den Finanz- als unter den Staatshaushaltgesichtspunkt gestellt werden müssen, und daß es dabei nicht sowohl auf Erwerbung beträchtlicher Geldüberschüsse als vielmehr auf Gewinnung unentbehrlicher Produkte in zureichender Menge, auf Benutzung totliegender Naturschätze, auf Belebung der Nationalgewerbsamkeit und deren Verbreitung bis in die unfruchtbarsten Gegenden ankomme."

Dieser Bericht zeigt so recht die kennzeichnende Denkweise des Ministers, die von den Ansichten der Rosenkreuzer weltenweit verschieden war, sie zeigt den Staatsmann und großen Volkswirt, dem die Gründungspläne der Hofpartei verhaßt waren und der doch, ganz im Friederizianischem Sinne, seinem Könige den schuldigen Gehorsam bezeugte, obwohl er seine Befehle innerlich nicht billigen konnte.

Schon am folgenden Tage, am 29. November erhielt Heinitz den Auftrag, die Angelegenheiten des Immediatbergamtes zu Alvensleben einer genauen Untersuchung zu unterziehen; wegen der andern Werke wurden nähere Bestimmungen vorbehalten. Er bestimmte als Mitglieder der Untersuchungskommission seine beiden ältesten Ministerialräte, Geh. Finanz- und Kriegsrat Sack und Geh. Finanz- und Bergrat Gerhard, ferner den Präsidenten und den Direktor der Magdeburger Kriegs- und Domänenkammer v. Angern und Schönwald.

Diese Kommission stellte durch sorgfältige Untersuchungen fest, daß der Kupferschieferbergbau nur mit großem Verlust betrieben werden konnte. Es ließ sich aus den Erzen nach einer Probeschmelzung von 48 Zentner nur 1 Pfund 16 Lot Kupfer und $1^1/_2$ Lot Silber je Zentner gewinnen, statt 2 Pfund 8 bis 17 Lot Kupfer und 2 bis $2^1/_2$ Lot Silber, wie es in den ersten Berichten angegeben war. Das Schmelzen konnte nur mit einem Verluste von 58 rf. 10 gl. auf jeden Zentner geschehen. Der Verlust bei der Verarbeitung des Kupferrohsteines auf Kupfer und Vitriol nach der Raudelschen Methode wurde bei einer Probe von 200 Zentner Rohstein auf 1049 rf. 11 gl. festgestellt. Da der Bergbau wegen der Wasserhaltung ebenfalls sehr schwerköstig war, so kam die Kommission zu dem Ergebnis, daß der verlustbringende Bergbau so bald wie möglich einzustellen sei.

Am 28. Februar 1798 berichtete Heinitz dies Ergebnis dem Könige und fügte weiter hinzu, daß die Gesamtkosten des Immediatbergamtes 401 648 rf. 10 gl. 3 ₰ betrügen, davon seien aus der Kgl. Dispositionskasse bar vorgeschossen 357 052 rf. 12 gl. Der Verlust betrüge nach Abzug der Aktivposten 333 355 rf. 5 gl. 9 ₰.

Der Bergbau auf Kupferschiefer und die Hütte müßten eingehen, dagegen könnte der Steinkohlenbergbau zu Wefensleben und Mariaborn fortgesetzt werden, ebenso

die damit verbundene Schwefelfabrik. Die Wefenslebener Kohlen seien gute Schmiedkohlen und die von Mariaborn eigneten sich für Bierbrauereien, Färbekessel usw. in Magdeburg. Die Entfernung dahin sei nur 2 bis $2^1/_2$ Meilen und die Kohlen könnten dort mit den teuren schlesischen Kohlen wohl in Wettbewerb treten.

Die Schwefelkiese könnten mit Vorteil auf Schwefel, Eisenvitriol und Vitriolöl und der Rückstand auf Farbrot verarbeitet werden, doch müßte die Hütte nach Wefensleben verlegt werden, da sonst die Frachtkosten zu groß wären. Die Kalköfen könnte man aufrecht erhalten, sie deckten die Grundschäden, den Torfstich zu Ummendorf, und das Hornhausener Braunkohlenwerk übernähme am besten das Obergamt zu Rothenburg. Die freiwerdenden Gebäude könnte man dann zu anderen Zwecken gebrauchen. Die Bestände und die Materialien seien baldigst zu versilbern.

Das Immediatbergamt müßte aufgehoben werden. Was die Beamten beträfe, so könnten sie zum Teil in den bestehenbleibenden Betrieben beschäftigt werden, zum Teil vom Bergwerksdepartement übernommen werden. Die Berg- und Hüttenleute des Kupferschieferbergbaues, 94 an der Zahl, welche größtenteils aus Sachsen herbeigezogen seien, müßte man auf anderen Bergwerken oder Steinbrüchen unterbringen, gegebenenfalls ihnen etwas Wartegeld zahlen.

Das Endurteil Heinitz' lautete: „Die ganze Sache ist ohne Plan und Überlegung, die Arbeit ohne Ordnung und Sachkenntnis mit der größten Vermessenheit auf eigene und übernatürliche Kräfte ausgeführt. Überall hat es an Sach- und Geschäftskenntnis gefehlt, keine Instruktionen, keine Ökonomiepläne, keine Kostenüberschläge und Etats sind aufgestellt. Von 38 Bauten sind 28 ohne alle Anschläge gebaut, 5 veranschlagt, aber nicht revidiert, 11 nur veranschlagt und revidiert, von keinem aber der Anschlag dem Oberbaudepartement vorgelegt oder die höchste Approbation dazu erteilt."

Die Schuld schiebt Heinitz in erster Linie auf die Direktoren, d. h. auf Bischoffswerder und Boumann, außerdem auf den Alchimisten Nothard, welcher $4^1/_2$ Jahre sein Unwesen in Alvensleben getrieben hat. Die Beamten des Bergamtes träfe keine Schuld, da sie nur die Befehle der Oberen ausgeführt hätten.

Kennzeichnend für Heinitz ist, daß er keinen Antrag auf Strafverfolgung oder Kostenersatz stellte, obwohl er sachlich wie auch persönlich hierzu Grund hatte. Persönlich besonders deshalb, weil ihm von seinen Ministerkollegen v. Haugwitz die Kabinettspapiere betreffend das Alvenslebener Bergamt zur Durchsicht zugeschickt wurden, aus welchen hervorging, daß die ganze Rosenkreuzersippschaft, insbesondere Wöllner, fortwährend gegen ihn beim Könige gehetzt hatte. Heinitz konnte hier so recht den inneren Grund, warum sein Verhältnis zu dem gutmütigen Könige Friedrich Wilhelm II. stets ein gespanntes war, deutlich erkennen. Dennoch schrieb dieser stets vornehm denkende Mann an v. Haugwitz als er ihm die Papiere wieder zurückschickte: „Über einzelne Stellen, welche mich persönlich betreffen, kann und werde ich kein Wort verlieren, aber dankbar werde ich das Andenken des Königs ehren, der auf solche Insinuationen nicht geachtet und mir sein Vertrauen nicht entzogen hat." Die Rücksicht auf den verstorbenen König mag ihn auch wohl bewogen haben gegen die schuldigen Urheber des großen Schwindels keinen Strafantrag zu stellen, da die Person des Monarchen mit der Angelegenheit verwickelt war. Mit seinem Einverständnis und seiner Einwilligung waren ja die ganzen Schwindeleien der Rosenkreuzer geschehen.

Auf den ausführlichen Bericht erhielt Heinitz am 3. März 1798 folgende Kabinettsordre: Bei den unangenehmen Aufschlüssen, welche Euer Bericht vom 28. Fe-

bruar über die Verhältnisse des Immediatbergamtes zu Alvensleben gewährt und bei dem Unwillen, dessen man sich gewissermaßen nicht erwehren kann, wenn man siehet, daß so ansehnliche Summen durch die Vermessenheit und Umrissenheit zudringlicher Projectmacher dem Staate so ganz unnütz verschleudert worden sind, gereicht es Mir fast zu einigem Troste, über diesen Gegenstand so genaue und deutliche Übersichten erhalten zu haben, daß kein Zweifel über die künftig zu ergreifenden Maßregeln mehr stattfinden kann und so wie ich Euch Meinen Dank für Eure lichtvolle Darstellung der Sache hiermit abstatte."

Wie Heinitz es beantragt hatte, so geschah es. Das Immediatbergamt wurde am 3. März 1798 aufgehoben, und die seit 8 Jahren nicht revidierten Rechnungen wurden der Oberrechnungskammer eingeschickt. Heinitz beantragte sodann, das Verfahren gegen den Braunkohlenbesitzer Brendel niederzuschlagen, sein ihm genommenes Bergwerkseigentum zurückzuerstatten und ihm als Entschädigung ein erheblich größeres Feld zu geben, nämlich 1200 Maßen, anstatt 1 Fundgrube und 16 Maßen, außerdem ihm für die widerrechtlich abgebauten Kohlen 428 rf. 11 gl. 4 ₰ als Entschädigung zu zahlen. Auch diese Vorschläge wurden vom Könige genehmigt. So endete die tragische Geschichte des Immediatbergamtes zu Alvensleben wenigstens mit einem versöhnlichen Ausklange.

Von einigem Interesse ist noch ein Bericht des Ministers v. Heinitz vom 14. März 1800, durch welchen wir Aufschluß über die weiteren Schicksale der bestehen gebliebenen Werke erhalten. Der Minister berichtet, daß der Verkauf der vorrätigen Bestände und Materialien eine Einnahme von 25 789 rf. 21 gl. 1 ₰ erbracht hätte, und daß die Ausgaben hierbei und bei der Verlegung der Vitriolhütte nach Wefesleben und bei der Errichtung einer Vitriolbrennerei 21 039 rf. 9 gl. 4 ₰ betragen hätten, so daß außer den vielen Gebäuden noch ein Überschuß von 4750 rf. 11 gl. 9 ₰ vorhanden sei, der jedoch notwendig wäre für Pensionen und Wartegelder einiger Beamten und als Betriebskapital für das Steinkohlen- und Schwefelkieswerk, die Vitriolhütte und die Vitriolölbrennerei. Die meisten Beamten seien wieder angestellt, die Berg- und Hüttenleute sämtlich untergebracht.

Das Steinkohlenwerk baue sich frei, es liefere die Steinkohlen zur Vitriolhütte und zur Zuckersiederei in Magdeburg, der Schwefelkies gehe zur Vitriolfabrikation. Die Eisenvitriolhütte fertige 1800 Zentner jährlich an, 800 Zentner davon gingen zur chemischen Fabrik in Schönebeck, 100 Zentner würden nach Magdeburg verkauft, die übrigen 900 Zentner würden zur Vitriolölfabrikation gebraucht. Es würden hieraus 18 000 Pfund Vitriolöl jährlich hergestellt. Die Retortentöpferei verfertige auch mit Nutzen Gefäße für chemische Zwecke. Die Böhlsdorfer Kalkbrennerei sei für 110 rf. jährlich verpachtet. Die Ummendorfer Torfgräberei werde vom Oberbergamt in Rothenburg betrieben und liefere 245 rf. Überschuß und das Braunkohlenbergwerk zu Hornhausen liefere 29 000 Scheffel jährlich und zahle 220 rf. 20 gl. an Zehntgebühren. Man ersieht hieraus, daß alles wieder in Ordnung war.

Die Geschichte des Alvenslebener Bergbaus ist zwar keine sehr bedeutende Begebenheit in der Verwaltungsgeschichte Preußens, aber ein treffend kennzeichnender Beitrag für die Erkenntnis der Kräfte, welche in der nachfriederizianischen Zeit in Preußen wirkten und den Staat dem Verfalle zutrieben. Wir sehen, wie ein willensschwacher, gutmütiger König sich von einer mystischen Ordensgesellschaft derart beherrschen läßt, daß er nach dem Willen dieser Hofsippschaft gegen seine eigentlichen Ratgeber, die Minister des Generaldirektoriums, regiert, ein Zustand, der die schwersten inneren Reibungen der Staatsmaschine hervorrufen mußte. Wir

sehen, wie von der Hofsippschaft, insbesondere von Wöllner, der treibenden Kraft dieser Gesellschaft, ständig gegen diejenigen gehetzt wird, welche sich ihrem Willen entgegensetzen. Wir sehen, wie der verhetzte König seinem bedeutendsten Innenminister eine geradezu unglaubliche scharfe Zurechtweisung zukommen läßt, weil er einen außerordentlichen Etat mit 514 rf. Überschreitung für Beamtenbesoldung, dessen Genehmigung bisher dem Minister zustand, dem Könige nicht vorgelegt hatte, während der Veranlasser dieser Verordnung 38 Bauten mit etwa $^{1}/_{3}$ Million Taler Kosten ausführen läßt, ohne auch nur für einen die Genehmigung des Königs einzuholen. Wir sehen, wie der weichliche König sich von der Rosenkreuzergesellschaft jahrelang mit alchimistischen Kunststücken an der Nase herumführen läßt und seine Einwilligung zu offenbaren Rechtsbeugungen und Ungerechtigkeiten gibt, dabei ständig nur auf den Rat von Leuten hört, welche von der Sache nichts verstehen, während der zuständige beste Fachmann seiner Zeit beiseite stehen und diesem traurigen Schauspiele untätig zusehen muß. Wir atmen förmlich auf, wie der Tod des Königs diesem widerlichen Treiben ein Ende macht und wieder klare gesunde Verhältnisse schafft. Was hätte Heinitz mit den großen vergeudeten Mitteln für die Entwicklung des preußischen Bergbaus wohl schaffen können, wenn er das Vertrauen des Königs besessen hätte!

Vorgeschichte des germanischen Schiffbaues.

Von

Dr. Otto E. E. Moll u. H. Szymanski, Berlin[1])

Die Anfänge des Schiffbaues sind, wie die so mancher anderen wichtigen Welterrungenschaft, in Dunkel gehüllt, in das nur hie und da Hypothesen ein spärliches Licht werfen. Nur eins können wir als sicher annehmen, nämlich daß wir es hier nicht mit einer, sondern mit mehreren zeitlich und räumlich stark getrennten und auch in technischer Hinsicht verschiedenartigen Urerfindungen zu tun haben.

Das Urvorbild war vielleicht ein treibender Baumstamm, auf dem ein Mensch ein Gewässer überfuhr, oder ein paar handgerechte Knüppel, die er zur Unterstützung des Schwimmens unter seinen Körper legte. Von hier aus ergeben sich drei Entwicklungsmöglichkeiten, so daß wir drei Schiffsurtypen erhalten, d. h. mit Hilfe von Werkzeugen und technischen Kenntnissen zielbewußt hergestellte Fahrzeuge im Gegensatz zum rohen Naturprodukt:

1. Das Floß, dessen Tragfähigkeit auf dem Material selbst bzw. dessen Menge beruht, hergestellt durch Verbinden einzelner kleiner Stämme mit Weidenruten oder dgl. ohne Rücksicht auf Wasserdichtigkeit.

2. Der Einbaum, ein tragender Hohlraum, durch Aushöhlen eines großen Baumstammes mit Werkzeugen oder Feuer hergestellt, setzt bereits gewisse technische Erfahrungen voraus und infolge der Unhandlichkeit das Zusammenarbeiten von mehreren Leuten.

3. Das Rinden- bzw. Lederboot, theoretisch durch Umkleiden eines gedachten Raumes entstanden, ein Spantengerüst oder Weidengeflecht, mit Rinde (Birkenrinde) oder Fellen umzogen. Man hat zwar seit den Zeiten des Kolumbus Rindenboote bei einer Reihe primitiver Völker kennengelernt, die bis zu 12 m lang sind und bis zu 50 Mann fassen und sogar in Gegenden, die gutes Bauholz in reicher Menge liefern, wo ihr Bau offensichtlich als „einfacher und leichter" wie der jeder anderen Bauform, besonders des Einbaumes, gilt. Doch dürften die gegebenen Maße das Äußerste sein, was mit dieser Form betreffs Größe und Belastung erreicht werden kann. Was nun den Anstoß zur Entwicklung gerade dieser Form gegeben hat, ist für uns heute in Dunkel gehüllt. Sicher aber stellt sie in technischer Hinsicht größere Probleme als Floß und Einbaum. Es sei etwa daran erinnert, daß bei primitiven Völkern das sehr umständliche Reiben des Feuers üblich ist, wo doch Feuersteine und Zunder den ersehnten Funken fast ohne Mühe geben. Jedenfalls besteht keine Schwierigkeit, auch das Rindenboot bzw. Fellboot, dessen Wände aus dünnen biegsamen Flächenelementen zusammengesetzt sind, als eine Urform des später gebauten Seefahrzeuges anzunehmen.

[1]) Zeichnungen von Dr. ing. Fr. Moll. Eine Gesamtsammlung der Zeichnungen (etwa 600 Weißpausen) kann von Dr. Fr. Moll, Berlin-Südende, bezogen werden.

Wie aus diesen Urformen sich das Plankenboot entwickelt hat, entzieht sich unserer Kenntnis, selbst die Frage, ob überhaupt die Entwicklung in der Form vor sich gegangen ist. Einzelne Völker haben infolge örtlicher Verhältnisse nur die eine oder andere Form entwickelt, z. B. der Eskimo das Lederboot, bei anderen finden wir alle drei, teilweise bis in die neueste Zeit.

Neben diesen drei „Urformen" tritt ebenfalls schon in sehr alter Zeit der Typ auf, der vorbildlich für den modernen Schiffbau wurde, bis er seinerseits vom Eisenschiff abgelöst wurde, das hölzerne Plankenboot. In Ägypten finden wir beispielsweise solche technisch schon sehr vollkommenen Schiffe auf Inschriften aus dem Jahre 3200 v. Chr. abgebildet, während aus dem nordischen Gebiet das Vorkommen gleichwertiger Schiffe erst für die Zeit zwischen 1000 und 500 v. Chr. wahrscheinlich gemacht ist.

Es ist nun mehrfach die Frage der Priorität gestellt worden, indem man bald diese, bald jene Form als Vorbild für das Plankenboot ansehen wollte. Während die meisten dieses Vorbild im Einbaum sahen, hat z. B. Coll das Rindenboot angenommen. Die Bezeichnung *sud* (= Naht) für die Plankennähte und weiterhin für das ganze Schiff beweist nach ihm den Ausgang des Plankenbootes vom genähten Leder- oder Rindenboot. Als Hypothese klingt das immerhin annehmbar, aber es sprechen doch manche technische Bedenken dagegen. Vor allem liegt, wenigstens in holzreichen Gegenden, der Bau eines Fahrzeuges aus dem selbsttragenden Holz näher als die Herstellung eines tragenden Hohlraumes. Man möchte fast meinen, daß umgekehrt das Rindenboot sich in Anlehnung an das Plankenboot als leichtes kleines Beiboot für kleine Strecken entwickelt hat. Weiter aber läßt sich auch aus dem Floß oder Einbaum das Plankenboot nicht unschwer ableiten. Es ist schon darauf hingewiesen, daß das Floß die geringsten technischen Schwierigkeiten bietet. Nun finden wir später, z. B. bei den Wikings und in neuerer Zeit bei Indianerstämmen die sogenannten Kampfhürden, Schirme aus Weidengeflecht, die zur Sicherheit der Krieger auf die Bordwände aufgesetzt werden. Es liegt nahe, in einem Floß oder Einbaum, auf dessen Kanten solche Seitenhürden aufgesetzt wurden, das Vorbild für den kastenförmigen Schiffsrumpf zu sehen.

Faßt man diese Betrachtungen zusammen, so kommt man zu der Annahme, daß nicht eine einzelne der drei Urformen, sondern alle drei in gegenseitiger Befruchtung zur Entwicklung des Plankenbootes führten. Immer müssen wir uns jedoch darüber klar sein, daß es sich nur um Hypothesen handeln kann, für die der letzte exakte Beweis wohl nie zu erbringen sein wird, für die wir nur einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit schaffen können. Erst um den Beginn unserer Zeitrechnung herum hellt sich das Dunkel ein wenig auf, doch auch jetzt bleibt noch vieles hypothetisch, trotzdem wir über ein Quellenmaterial von über 400 Abbildungen, 500 Literaturstellen und 100 Funden verfügen, das sich auf einen Zeitraum von etwa 2000 Jahren (600 v. Chr. bis 1400 n. Chr.) verteilt. Aber wie dürftig sind die tatsächlichen Ergebnisse. Zwar haben wir aus der ältesten Zeit die großartigen Felsenzeichnungen, die etwa 1000—500 v. Chr. anzusetzen sind. Dann aber folgen nur wenige spärliche Literaturstellen aus der Zeitenwende, und erst wieder vom 5. Jahrhundert ab wird die Ausbeute größer. Nichts aber findet sich in den älteren Quellen, was z. B. den wunderbaren ägyptischen Reliefs aus dem Jahre 3200 v. Chr. gleichzusetzen wäre, die ohne Schwierigkeiten eine genaue Rekonstruktion der damaligen Schiffe erlauben. Die ältesten germanischen Schiffsdarstellungen sind die sog. Hällristninger (Felsenritzungen). Coll setzt sie teils auf das dritte und zweite vor-

christliche Jahrtausend an, was aber von anderen namhaften Forschern bestritten wird. Ein Teil dieser Zeichnungen sind aus der Gegend von Löksburg in Bohuslän (Schweden), andere aus Hägvide (Norwegen), Bjönstadt, (Norwegen), Bardal (Throndhjem, Norwegen), Bornholm, Herrestrup, Ingelstrup (Seeland, Dänemark), Bergenstift (Norwegen), Jarrestadt (Schonen) und Tanum (Bohuslän). Ähnliche Zeichnungen stammen von Dolmen aus Nordfrankreich (Mane-lud, Cormac und Mein-Drein bei Morbihan) und Drogheda (Irland). Dem Stil nach gehören der gleichen Zeit 11 Schiffsabbildungen auf Bronzemessern aus Dänemark, eine aus Bergedorf (Hol-



Abb. 1. Felsenzeichnung aus Bergen-Stift, Norwegen.

Abb. 2. Aus der großen Felsenzeichnung (Bohuslän). — Jagd.

Abb. 3 Felsenzeichnung von einem Dolmen bei Mane-lud.

stein) und eine auf einem bei Wismar gefundenen Horne an. Einige auf germanischem Boden gefundene römische Denksteine zeigen römische Schiffsformen, gehören also nicht hierher. Da auf diese Funde eine lange dunkle Zeit folgt, ist es angebracht, diesen Abschnitt geschlossen zu behandeln.

Die Hällristninger entstammen zweifelsohne verschiedenen Zeiten. Ein Teil, die wir als die ältesten annehmen müssen, sind sehr primitiv, einfache Umrißlinien und oft eine Anzahl senkrechter Striche darauf; andere zeigen eine zweite Linie, die dem Deck entspricht, und die vollkommensten haben zwischen Deck und Kiel senkrechte Doppellinien, die wohl Spanten andeuten, ein Teil

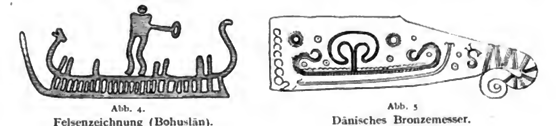


Abb. 4. Felsenzeichnung (Bohuslän).

Abb. 5 Dänisches Bronzemesser.

anderweitige Verzierungen. Auffallend sind zwei Punkte: Fast alle Boote haben große Ähnlichkeit mit Schlitten, wofür man sie auch hat halten wollen, indessen mit Unrecht, und bei fast allen ist der Steven doppelt. Einige der Bilder sind deutlich Kampfszenen, eines zeigt mit erstaunlicher Naturtreue eine Jagd. Überhaupt ist bei aller technischer Unfertigkeit doch eine auffallende Realistik unverkennbar, die einem rein symbolistischen Charakter widerspricht. Daher läßt auch die Zahl dieser senkrechten Striche, die sicherlich Mannschaften darstellen sollen, — bei den vollkommensten nehmen diese Striche auch ausgesprochene Körpergestalt an — gewisse Schlüsse auf die Größe der Vorbilder zu. Die größte Anzahl Striche, die bei einigen Zeichnungen der ältesten Art auftritt, ist etwa 70,

in den meisten Fällen sind es 10—30. Eine solche Mannschaftszahl setzt aber eine ungefähre Schiffsgröße von 6—20 m Länge voraus. Sicherlich waren es deshalb schon keine Rinden-, sondern richtige Plankenboote, die hinten stumpf abgeschnitten waren und vorn in einen doppelten Steven ausliefen. Dieser Doppelsteven, wie er auch bei den Boten der afrikanischen Waganda auftritt, diente kaum Rammzwecken — der innere Steven steigt fast immer senkrecht auf und der äußere, den inneren meist weit überragende, mit etwa 45°; zweifelsohne diente er zum Schutz des Bootes beim Auflaufen auf den Strand. Oft endet dieser Steven in einem geschweiften Aufsatz, der an die Steven der Wikingschiffe erinnert. Nur bei zwei Darstellungen zeigt sich ein längerer Strich, der zur Not als Mast gedeutet werden könnte, wahrscheinlich aber einen Häuptling oder hervorragenden Krieger darstellen soll. Ferner will man auf den Abbildungen bei einem Boote sogar Segel festgestellt haben. Von anderer Seite werden die eigentümlichen pilzförmigen Gebilde als belaubte Zweige gedeutet, welche die Stelle von Segeln vertreten sollten. Die große Seltenheit dieses Zeichens und verschiedenes andere spricht jedoch nicht dafür. Wenn schon Segel benutzt wurden, so wären sie doch zweifellos häufiger angewandt und auch dargestellt worden. Wahrscheinlicher ist, daß es sich um Wappenzeichen, ähnlich der griechischen Stylis, handelt. Sonst deutet nichts auf Mast oder Segel, so daß die Hällristninger Schiffe als verhältnismäßig große Planken-Ruderboote anzusprechen sind. Das ist aber auch alles, was wir mit Sicherheit sagen können[1]).

Einbaum und Rinden- bzw. Lederboot. Das nächste, was in unseren Gesichtskreis tritt, sind Einbaum und Lederboot. Plinius[2]) und Tacitus[3]) berichten, daß die großen Einbäume der Germanen 30 bis 40 Mann tragen konnten. Im Schrifttum findet der Einbaum sonst nur sehr wenig Erwähnung, u. a. um das Jahr 900 herum als Fahrzeug der Normannen in Rußland. Für die Datierung der teilweise vorzüglich erhaltenen Funde sind wir daher völlig auf den Zufall angewiesen, umsomehr als ganz primitive Formen bis in die Neuzeit hinein neben technisch hoch entwickelten Formen vorkommen. Wenn man beim Einbaum von Entwicklung spricht, so muß man sich daher klar sein, daß mit diesem Ausdruck nicht eine zeitliche Folge verschiedener Formen festgestellt werden kann oder soll, sondern nur die Unterscheidung schwieriger herzustellender und einfacherer Formen gemeint ist. Solche Einzelheiten sind z. B. die Ausgestaltung des Stevens, den man oft einfach senkrecht abgeschnitten, oft aber auch flach auslaufend findet, das Ausarbeiten von Rippen bzw. ganzen Querwänden im Hohlraum, die als Schotten Sitze, Versteifungen usw. dienten. Vielfach ist es überhaupt zweifelhaft, ob die Funde nicht einfach als Futtertröge anzusehen sind, wie etwa die von Zwiefalten am Chiemsee, Offenburg und Aschaffenburg. Andere Funde stammen von Vingels am Bieler See, Damweg (Ostpreußen), Kosseven (Ostpreußen), aus Dänemark, Valermoor (Schleswig), Brigg (Lincolnshire) und Loch Arthur (Schottland). Die beiden letzteren gehören zu dem fortgeschritteneren Typus mit Querwänden und sind von ca. 14 bis 15 m Länge, während die kleineren zwischen 3 und 5 m lang sind. Die Löcher an der Oberkante der Seiten haben entweder zum Durchstecken der Remen gedient oder zur Anbringung von Quersitzen. Eine andere Auslegung, die besonders für kleinere Einbäume, wie den Offenburger, gemacht wurde, ist die, daß zwei Einbäume durch Weidenruten, die durch diese Löcher gezogen wurden, und durch Knüppel, die man

[1]) Über diese Fragen wird demnächst eine Abhandlung von H. Szymanski erscheinen.
[2]) Hist. Nat. XVI. 76.
[3]) Hist. Nat. V, 23.

über die Bordwand legte, zum Fahren verbunden wurden. Sehr beachtenswert ist der Fund von Danzig, ein Einbaum, dessen Seitenwände durch Planken erhöht waren. In ihm sieht man ein Vorbild des späteren Plankenbootes. Fraglich ist jedoch auch bei ihm, ob es sich um ein nach vorgefaßtem Plan erbautes Fahrzeug handelt, bei welchem die Höhe der Bordwand durch die Konstruktion erreicht werden sollte, oder ob nicht umgekehrt der Besitzer des Bootes nach dem Vorbilde vorhandener Plankenboote seinen Einbaum zu verbessern getrachtet hat.

Das Fellboot ist heute noch bei vielen Völkern in Gebrauch, wo örtliche Verhältnisse, wie das fast völlige Fehlen von Holz, zur Entwicklung dieses Typs geführt haben. Der keltische Coracle, wie er noch gegenwärtig in Irland und Wales gebaut wird, ist bei seiner geringen Leistungsfähigkeit sicher früher ebenso wie heute nur als Hilfsboot in Frage gekommen. Es sind wannenförmige Spantengerüste oder korbartige, durch stärkere Streben versteifte Flechtwerke aus Weidenruten, die außen mit geteerten Häuten überzogen sind. Das schließt natürlich nicht aus, daß mit solchen Fahrzeugen gelegentlich sehr weite Reisen unternommen wurden. Die Iren z. B.[1]) fuhren damit bis zu den Faröer und selbst bis Island. Doch muß man sich hüten, aus der Weite von Handels- und Kriegsfahrten den Schluß auf die technische Entwicklung des Schiffbaues zu machen. In alter Zeit war eine Seereise immer ein Wagnis, zu dem man sich durch Opfer vorbereitete und vor der man sein Testament machte. Nur der Wiking, der sein Leben täglich im Kampfe in die Schanze schlug, kannte die Furcht vor der See nicht. Für ihn war auch der Rindenkahn sein Wogenläufer, der ihn an die feindlichen Gestade brachte. Die wannenartigen Zeichnungen auf den bretonischen Dolmen von Mane-lud könnten auch der Heimat nach solche Coracles darstellen und wären dann die erste Quelle dieses Typs, was jedoch sehr unsicher ist.

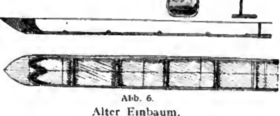


Abb. 6.
Alter Einbaum.

Lucan[2]) sagt:

„Aus nassem Gezweig der grauen Weide die Fähre geflochten, überzogen von Stierfell, schwimmt leicht, von den Schiffern gelenkt . . . So auf dem Padus schifft der Veneter, so der Britanne auf dem Meer . . . So wird der mephitische Kahn gezimmert aus nassem Papyrus."

Caesar spricht von den leichten „lederbedeckten Booten der Briten, deren Kiel und Spanten aus leichtem Holz waren." Apollinaris Sidonius (4. Jahrh.) nennt die Fahrzeuge der sächsischen Seeräuber „aus Weidengeflecht mit Häuten überzogen" und ähnlich Isidor (7. Jahrh.) die der germanischen Seeräuber „aus Weidengeflecht mit Leder bezogen".

Doch sind alle diese Bemerkungen mit großer Vorsicht zu verwenden. Sie beweisen nur, daß Lederboote bei den betreffenden Völkern in Gebrauch waren, aber nicht, daß es ihre einzigen und ihre besten Fahrzeuge waren. Einerseits haben die römischen Schriftsteller teilweise nicht aus eigener Anschauung geschrieben, dann auch haben sie wohl nur etwas Auffallendes, für das Land Charakteristisches hervorheben wollen. Für große Unternehmen, die von den nordischen Küsten-

[1]) Vgl. Vogel, Hansische Geschichtsblätter 1907, S. 173 u. a.
[2]) Pharsalia, IV, 130.

stämmen nachweislich um diese Zeit ausgeführt wurden, sind sie wohl nur als Notbehelf anzusehen[1]). Das Beowulfslied, dessen Entstehung sicher etwa in das 5. Jahrhundert zu setzen ist (die einzige bewahrte Handschrift aus dem 9. Jahrhundert gibt eine spätere Überarbeitung durch einen christlichen angelsächsischen Schreiber wieder) spricht dauernd von Kiel, Schiff, Fähre, Wogenholz, das Holzgebaute, das Geschweiftstevige, Steven, neugeteerter Nachen u. a. Auf solchen Holzschiffen sind also wohl auch die nordgermanischen Seeräuber nach England hinübergefahren. Ein schwaches Lederboot zudem „schneller Wogenhirsch" oder „Meerroß" zu nennen, wäre doch wohl etwas absonderlich. Auch die Namen der sagenhaften Führer Hengist und Horsa sind sprachlich als germanische Menschennamen unmöglich, bedeuten vielmehr „Wogenhengst", „Wogenroß", d. h. Schiffe. Alles spricht dafür, daß die Germanen zu Caesars Zeit und kurz nachher bereits holzgebaute Kielboote von verhältnismäßiger Größe besaßen, wiewohl davon nichts auf unsere Zeit gekommen ist.

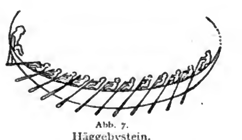


Abb. 7.
Häggebystein.

Abb. 8
Goldblechboot aus Nors in Jütland.

Aus der langen Zeit zwischen den Hällristningerschiffen und dem Wikingschiff haben wir nur geringe Funde. Ein paar kleine goldene Votivboote aus Nors (Jütland), die man auf etwa 500 v. Chr. ansetzt, zeigen ebenso wie die Zeichnungen auf dem Stein von Häggeby (Schweden) und dem Austrein-Stein aus Gloppen (Nordfjord, Norwegen), der erstere auf etwa 550, der andere auf 500 n. Chr. angenommen, einen neuen Typus, der zu Tacitus' Schilderung von den Booten der Suionen (Schweden) paßt:

„Der Bau ihrer Schiffe unterscheidet sich dadurch, daß Hinterteil und Vorderteil gleich immer eine zum Anlanden geschickte Vorderseite bietet. Weder Segel nehmen sie zu Hilfe, noch versehen sie die Seiten mit festen Ruderbänken (wie bei den Römern). Diese waren lose, die Remen frei und beweglich, so daß man sie nach Belieben vor- oder rückwärts gebrauchen konnte."

Der Stein von Häggeby zeigt 12 Ruderer und auf der Steuerbordseite das übliche Seitensteuer.

Vervollständigt wird unsere Vorstellung durch das Nydamer Boot. Im Jahre 1863 wurden bei Nydam in Schleswig-Holstein drei Boote im Moor gefunden, die, wie aus inliegenden römischen Münzen aus der Zeit von 67 bis 217 n. Chr. ersichtlich war, etwa dem 4. Jahrhundert n. Chr. angehören. Von einem fichtenen Boot waren nur spärliche Reste geblieben, während ein anderes Fichtenboot, das 1864 leider zerstört wurde, und ein heute in Kiel befindliches Eichenboot ziemlich gut erhalten waren. Die Maße sind die folgenden: Gesamtlänge (unsicher, da ein Teil des Stevens zerstört) etwa 24 m, größte Breite 3,4 m, Höhe (von Kiel bis Reeling) in der

[1]) Vgl. Vogel H. G.

Mitte 1,28 m und Reelinghöhe am Steven 2,14 m. Die Bemannung kann etwa 40—45 Mann betragen haben, und für diesen Fall hat man eine Wasserverdrängung von etwa 14 Tonnen bei einem Tiefgang von ca. $^3/_4$ m berechnet. Diese Größe zusammen mit der festen Bauart aus 11 starken geklinkerten Planken — Kielplanke und 5 Seitenplanken jederseits — lassen das Boot als achtenswerte Leistung erscheinen. Der Kiel wird durch eine breite stehengebliebene Rippe der Bodenplanke dargestellt und seitwärts setzen sich, dachziegelartig sich deckend, je vier gleichartige Planken und eine stärkere Reelingplanke auf. Die Planken sind mit den

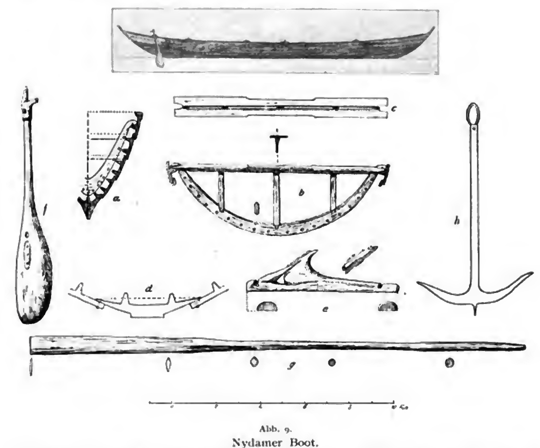


Abb. 9.
Nydamer Boot.
a) Außenbaut. b) Hauptspant. c) Decksbalken. d) Plankenvernietung. e) Dolle f) Steuer. g) Ruder. h) Anker.

Steven und unter sich durch eiserne Nieten verbunden (von der äußerlichen Ähnlichkeit eines solchen Nietsaumes mit dem Nahtsaum nennt man ein solches Boot auch wohl „genäht") und mit Wollwerg und einem klebrigen Stoff gedichtet. An die 14,30 m lange Bodenplanke ist jederseits ein gleichartiger in flacher Krümmung weit überragender Steven mit Holznägeln angelascht. An den 19 etwa 1 m voneinander entfernten Spanten sind die Planken nicht angenietet, sondern mit ihnen durch eine besondere Einrichtung verbunden. Die Erbauer haben die ursprünglich sehr dicken Planken auf die gewünschte Stärke „abgehobelt" (anscheinend mit einem bei späteren Abbildungen sehr gut zu erkennenden dexelähnlichen Werkzeug behauen. Im übrigen ist ja auch heute noch für Schiffszimmerleute der Dexel nicht nur Hobel, sondern Holzbearbeitungswerkzeug schlechthin. Wenn also in alten Handschriften,

z. B. in dem Bericht vom Bau des „langen Wurmes", von Hobeln gesprochen wird, so darf man nicht an hobeln in unserem Sinne denken. Das nordische Wort ist höggva, d. h. hauen. Der Ausdruck „hobeln" ist, wie wohl auch das Werkzeug, erst aus dem 15. Jahrhundert bekannt; seine Ableitung ist unsicher heben?). Sie haben hierbei entsprechend jedem Spant 2 senkrecht untereinander stehende (bei der obersten Planke nur eine) Klampen stehen gelassen, die von oben nach unten durchbohrt wurden. Entsprechende Löcher sind in den Spanten aus gewachsenem Fichtenholz angebracht und Planke und Spant wurden nun mit Baststricken, die durch diese Löcher geführt wurden, fest und völlig genügend verbunden. Diese Bauart erinnert etwas an die Schilderung, die in Aithikos' Kosmographie von den Schiffen der Meoparener gegeben wird. Die oberste Planke ragt mit einer dickeren stehengebliebenen Leiste über die Spanten. Die Enden jedes Spantes sind durch eine Ducht verbunden, von der Streben zu den Spanten gehen. Den 14 mittleren Spanten entsprechen auf die Reeling gebundene hölzerne Rudergänge mit je einer durchbohrten Dolle, an der der Remen mittels eines Strickes gehalten wurde. Das stellt also eine Zahl von 28 Rojern sicher, während irgendwelche Einrichtungen, die auf Verwendung von Mast und Segel schließen lassen, völlig fehlen.

Das Steuerruder fand sich auch, doch ist die Art der Anbringung nicht festzustellen. Wahrscheinlich wurde es frei und nach Bedarf auf einer Achterseite eingesetzt. Dieses mußte durchaus nicht immer die Steuerbordseite sein, wenn sie auch im allgemeinen bevorzugt wurde.

Bei dem Fichtenboot waren die Steven an den Kiel gezapft, der sich beiderseits über die Steven in Spitzen fortsetzt. Man meint, diese Spitzen wären mit Eisen beschlagen gewesen und hätten als Rammsporn gedient; doch handelt es sich vielleicht nur um die letzten Ausläufer einer noch aus der Zeit der Hällristninger-boote herrührende Baueigentümlichkeit, die um diese Zeit aufgegeben wurde, da sie den Bau nur erschweren konnte. Eine Rammtaktik im römischen Sinne, die den Rammsporn zu einer Notwendigkeit gemacht hätte, läßt sich aus den Beschreibungen von Seekämpfen jener Zeit nicht entnehmen.

Die Literaturquellen dieser Zeit verraten kaum mehr als daß Schiffahrt getrieben wurde. Die meisten Stellen betreffen überdies das Mittelmeergebiet, wo die Germanen wohl mehr sich an den römischen Schiffbau anlehnten. So: Isidorus Hispalensis (Geschichte der Goten usw.) über Alarich (410 n. Chr.) und Allia (417 n. Chr.): „Geiserich fuhr mit einer Flotte 455 nach Rom". Eugipus, Leben des hl. Severin ca. 453; Jordanes, Gotengeschichte, 540 n. Chr. und Claudianus, ca. 400 n. Chr. Für die Nordgermanen kommen fast nur Beowulf und Gildas (ca. 500) in Frage.

Etwas abweichend muß die Gestalt eines Bootes gewesen sein, das bei Snape (Suffolk) gefunden wurde. Das Holz war völlig verrottet, doch in dem lehmigen Boden hatten die verrosteten Eisennägel, die in Holzstiften steckten, ihre ursprüngliche Lage behalten, ebenso wie der Bootskörper sich ziemlich gut abgedrückt hatte. So ist zu ersehen, daß das Boot bei ca. 14,5 m Länge eine Breite von ca. 3 m, einen Tiefgang von ca. 1,20 m hatte, und jederseits 9 geklinkerte Plankengänge aufwies. Der Boden war flach, die äußere Form vorn spitz, hinten verjüngt und abgestutzt, einer dickgewickelten Zigarre nicht unähnlich. Reste von Urnen weisen das Boot als angelsächsisch aus. Um diese Zeit muß der Übergang vom reinen Ruderboot zum Segelboot stattgefunden haben, worauf ja auch u. a. Stellen im Beowulf hinweisen.

Bei Brügge wurde z. B. ein dem vorigen ziemlich ähnliches Boot ausgegraben, das jederseits 7 geklinkerte eichene Plankengänge aufwies, deren unterster winkelig an einen völlig flachen Boden ansetzte. Vorn und hinten steigt ziemlich stark ein Steven auf, und auch die Spanten sind geteilt auf den Boden bzw. Bodenquerleisten aufgesetzt. Bemerkenswert ist vor allem der in einen Fuß eingesetzte und oben durch einen Deckbalken gestützte ca. 10 m hohe Mast. Auch das übliche Seitensteuer mit breitem Blatt und Handgriff war noch vorhanden. Die mit dem Boot von Snape übereinstimmende Form der Niete sowie andere Gründe weisen dieses Boot mit großer Wahrscheinlichkeit als friesisch (dem angelsächsischen nahestehend) aus.

Wir kommen nun zu der Hauptperiode, der Zeit der großen Wikingzüge von etwa 700—1100, über die wir verhältnismäßig reiches Quellenmaterial besitzen, sowohl Funde wie literarische Belege und Abbildungen, so daß wir uns hier ein immerhin sicheres Urteil bilden können. Hier läßt sich so recht beobachten, wie die Fertigkeit mit den Bedürfnissen wuchs und umgekehrt die Ziele mit der erreichten Technik. Aus anfänglich kleinen Handels- und Küstenraubfahrten Einzelner entwickelten sich allmählich die gewaltigen Züge, die Jahrhunderte lang den Schrecken Europas bildeten. Beteiligt sind fast alle Küstenbewohner der Nord- und Ostsee, Schweden, Norweger, Dänen, Friesen, Sachsen, Wenden, Britannier u. a., wenn auch das Hauptkontingent von den Norwegern gestellt wird. Handel und Seeraub und Eroberung gingen Hand in Hand. Ursprünglich war es wohl die Enge und Dürftigkeit der Heimat, die die harten verschlagenen Leute aufs Meer und in die Fremde trieben, dann kam die Abenteuerlust dazu.

Durch Gregor von Tours hören wir von einem Zuge des Königs Cochilaicus (der im Beowulf erwähnte Hygelac) von Dänemark nach Gallien, (505), während die eigentlichen Wikingzüge vom Jahre 793 an gerechnet werden, wo das Kloster Lindisfarn geplündert wurde. In den folgenden Jahren finden dauernd Plünderungszüge gegen Irland, Wales, Frankreich, Flandern statt und nach anfänglichen Mißerfolgen „heeren" sie unter Hastings und den Lodbroksöhnen in Spanien und dem Mittelmeer. Auch im Norden hatten sie festen Boden gewonnen, die Orkneys und Shetlands und von dort aus Island besiedelt, und eine Schar war ca. 1000 unter Leif Erikson sogar bis nach Nordamerika gelangt.

Seit 865 etwa hatten sich die großen Heere gebildet, die nicht mehr vom Zufall zusammengewürfelt waren; sie wurden immer mehr wandernde Völker. Doch gegen Ende des 9. Jahrhunderts nahm ihre Kraft ab. In Frankreich und Deutschland gelang es einem erstarkenden Königtum, die ungebetenen Gäste zu besiegen und 892 verließen sie das Land. Auch in England, das zeitweilig unter ihrer Herrschaft gestanden hat, gelang es König Alfred, sie zum großen Teil zu verjagen.

Andere Wikings waren indessen auf den „Ostweg" gefahren. Rurik von Schweden hatte ein großes Reich in Rußland gegründet, und von Nowgorod und Kiew aus waren die kühnen Räuber bis nach Konstantinopel gelangt. Im Auftrage König Alfreds war ein Normanne Ottar aus Helgeland bis ins Weiße Meer gefahren, und der König hatte den Bericht der Fahrt niederschreiben lassen, ebenso wie den Bericht über die Fahrt eines gewissen Wulfstan nach Trasö (bei Elbing).

Im Jahre 911 machten die Wikings einen neuen großen Vorstoß. Ein Normanne Rolf (Rollo), der aus der Heimat vertrieben wurde, erlangte von Karl dem Einfältigen das Lehnsrecht über den seit etwa 1000 n. Chr. Normandie genannten Teil Nordfrankreichs, und von hier aus unternahm sein Nachkomme Wilhelm im Jahre

1000 den letzten großen Zug, der zur Eroberung Englands führte. Für solche Züge waren natürlich Flotten aus überwiegend kleinen Schiffen völlig ungeeignet, wenn man bedenkt, daß nicht nur unzählige Mannschaften zu befördern waren, sondern Familienangehörige, Pferde, Heeresgerät und teils auch Verpflegung. Dies führte naturgemäß zur Entwicklung des Baues ausgesprochener Lastschiffe. In der Hauptsache jedoch gleichen sich die skandinavischen Schiffe ziemlich, und auch die Schiffe der anderen Wikings weisen nur geringe, wenn auch charakteristische Unterschiede davon auf. Vorder- und Hinterende sind fast gleichmäßig zugespitzt und die Steven stark steigend, zum Rudern wie zum Segeln eingerichtet; das Lastschiff von volleren Formen als das eigentliche Kriegsschiff, das Langschiff. Auch nahm die Größe beständig zu. Ein Fehler wäre es also, von einem Wikingschiff schlechthin zu sprechen. Zunächst haben wir eine Anzahl kleinerer Funde auf deutschem Boden. Es sind dieses die Boote von Baumgarth, Frauenburg und Meihlinken, Kr. Putzig (Opreußen), Brösen bei Danzig und Charbrow (Pommern), die alle die erwähnte skandinavische Form zeigen. An den T-förmigen, sich nach vorn zum Quadratquerschnitt verjüngenden Kiel sind die stark schießenden Steven angelascht. Beide Steven laufen fast gleichmäßig stark zu. Die Spanten sind, eine bemerkenswerte Eigentümlichkeit, zwecks dichterer Anbringung der Außenhautplanken treppenförmig zugehauen. Die aus mehreren Stücken zusammengesetzten Plankengänge sind unter sich mit Eisennägeln (bei dem Boot von Charbrow mit Holznägeln) genietet und mit Holzstiften an den Spanten befestigt. Diese Verbindung mit den Spanten genügte vollständig, da bei diesen Booten die Festigkeit hauptsächlich von der Außenhaut gewährleistet wurde.

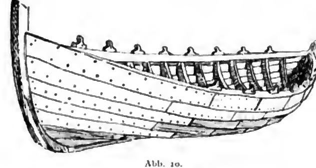


Abb. 10.
Boot von Frauenburg in Westpreußen.

Alle diese Boote haben eine Mastspur im Mittelspant, was auf Segelbenutzung deutet; bei dem Boot von Frauenburg sind außerdem auf der Reeling Ruderdollen erhalten. Die Maße der Boote sind, soweit zu ermitteln, die folgenden:

	Kiellänge	Mittelbreite	Tiefgang	Breite zur Länge
Baumgarth (jetzt in Danzig) .	11,90	2,52	0,95	1 : 4.7
Frauenburg (Königsberg) . . .	15.30	2,80	1,10	1 : 5.5
Charbrow (Stettin)	13.50	3,00	1,00	1 : 4.5
Mehlinken (Kr. Putzig) . . .	8,80	2,24	——	1 : 4
Brösen (zerstört)	17.50	5,00	über 1,50	1 : 3.5

Während die drei ersten Boote etwa dem Typ der Karfe oder Schute zuzurechnen sind, erweist die sehr breite Form des Schiffes von Brösen dieses mit großer Wahrscheinlichkeit als ein Lastschiff, eine sog. Knorre oder Byrdingr. Aus vielen literarischen Quellen wissen wir über Schiffsbegräbnisse, so z. B. wird in der Heimskringla neben anderen Fällen berichtet, wie Hakon Athelstans-Pflegling seinen Freund Eigil Wollwamms in einem Boot begraben läßt, und eine andere sehr interessante Schilderung eines solchen Begräbnisses bei Bolgar in Südrußland verdanken wir

dem Araber Ibn Fadhlan. Die meisten altnordischen Schiffsfunde gehören solchen Schiffsbegräbnissen an. Natürlich werden zu diesen Beisetzungen kaum gebrauchsfähige, große Schiffe geopfert, sondern besonders dafür mit der fortschreitenden Zeit kleinere oder irgendwie untaugliche Boote. Zeitlich umspannen diese Funde etwa den Raum von 500—900 n. Chr., örtlich sind sie am häufigsten in Norwegen und Schweden, Einzelfälle sind aus Rußland, Finnland, Gotland und Island bekannt, sowie aus der Bretagne und Schottland, wo ja die Wikings gehaust haben. Die meisten dieser Gräber sind sog. Brandgräber, d. h. die Boote sind samt der Leiche auf einem Scheiterhaufen verbrannt und die Reste dann in einem Hügel beigesetzt worden. Hier ist natürlich nichts weiter erhalten als eine Menge von Eisennieten, wie z. B. in einem der Königsgräber von Alt-Upsala (6. Jahrh. n. Chr.) und Möklebust (Bergen, Norwegen).



Abb. 11.
Steinsetzung der Wikingzeit.

Selten ist, wie bei Laekalänge in Südschweden, der Tote erst verbrannt und die Asche in ein Schiff getan worden. Sehr häufig aber sind die Leichen mit reichen Grabbeigaben unverbrannt in ein Boot gesetzt und dieses entweder in einer Grube — wie die 14 Häuptlingsgräber von Wendel, die 10 von Tuna und die von Alt-Upsala —, oder unter einem Hügel — wie die Gräber von Ultuna (alles in der Nähe von Alt-Upsala) und die zahlreichen norwegischen — beigesetzt worden. Ein Ultunaboot war ca. 8 Fuß breit. Ein bei Borre (Christianiafjord) gefundenes Boot hatte 54 Fuß Länge, das Boot von Storhaugen (Karmöen, Norwegen) hatte ca. 20 m Kiellänge und 5 m Breite, seine Nieten stimmen mit dem Möklebustfund überein. Andere Funde sind in Gunnarshaug, Grönhaug, Söndenaa, Valdres, Helsnö, Dalvik, Trondhjem, Gloppen, Romsdal, Norland und anderen Gebieten Norwegens gemacht worden, ferner bei Roaldskirk, (Schottland), Vendel und Karrestadt (Dänemark). Die bedeutendsten sind die drei von Gokstad, Oseberg und Tune.



Abb. 12.
Wikingschiff aus dem 9. Jahrhundert.
1880 auf Gokstad ausgegraben.

Dänemark hat kaum Schiffsgräber aufzuweisen, dagegen verschiedentlich schiffsförmige Steinsetzungen bis ca. 45 m Länge, vor allem auf Gotland. Bei einer sehr schönen sind durch Quersteinreihen die Spanten und durch größere Steine die Steven und Mast (zwischen Spant 8 und 9) angedeutet worden. Auch aus Jütland, Bornholm, Schweden, Norwegen sind eine Reihe Steinsetzungen bekannt und in Deutschland aus Mensching, Widser und Lieben.

Auch die drei prächtigen Funde — Gokstad, Oseberg und Tuneschiff — sind nicht als typische Wikingschiffe oder Drachen anzusprechen, sondern eher Privatboote großer Herren, etwa vom Typ der Schute (vgl. bei Schiffsarten), aber infolge ihrer vorzüglichen Erhaltung sind sie am besten geeignet, uns über die Baueinzelheiten aufzuklären. Durch die zahlreichen Literaturstellen, vor allem aus den

nordischen Sagas — Heimskringla, Grettirsaga, Landnamabok usw. — wird unser Bild dann für die einzelnen Arten ziemlich genau vervollständigt. Die Maße der drei genannten Boote sind folgende:

	Kiellänge	Gesamtlänge	Breite	Höhe	Breite zur Länge	Ruder jederseits
Gokstad:	20,1	23,80	5,10	1,75	1 : 4,6	16
Oseberg:	—	21,50	5,10	—	1 : 4,2	15
Tunerschiff: ca.	—	18,00	4,50	1,25	1 : 4	12

Das Gokstadschiff ist ein großes Segel- und Ruderboot mit 16 Rudern jederseits. Beide Enden sind gleichmäßig zugespitzt, doch sind vorn die Formen etwas voller. Der Kiel steigt beiderseits ca. 15 cm an, und derselben Steigung folgt, doch stärker, die Reeling. Die Steven sind durch Seitenlaschen mit dem Kiel verbunden. Jederseits sind 16 Plankengänge; die Kielreihe liegt in einer Spunning im Kiel, ebenso enden die Planken in Spunnings an den Steven, die 14. Reihe hat Ruderlöcher. Die Planken sind an Kiel und Steven mit eisernen Nägeln befestigt und unter sich durch Eisennieten verbunden, deren Köpfe außen liegen, während sie innen auf viereckige Eisenplatten genietet sind. Zur Dichtung diente dreifädiges Garn aus Viehhaar.

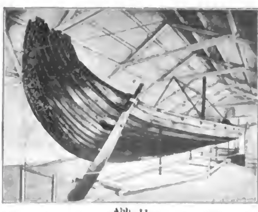


Abb. 13.
Schiff aus der Wikingzeit. 1903 bei Oseberg ausgegraben.

Die 17 Spanten aus einem Stück sind ohne weitere Verbindung mit einem passenden Ausschnitt auf den Kiel gekeilt und mit den Planken in der alten Weise durch Klampen und Weidenruten verbunden. Sie enden am 11. Plankengang, wo ihre Oberenden durch ein Querholz vereint werden. Auf diesen Querhölzern aufgesetzte Kniee geben den oberen 5 Plankengängen genügenden Halt. Hier ist die Verbindung durch Holzstifte bewerkstelligt. Außerdem sind dicht bei jedem zweiten Spant kurze Toppspanten angebracht, die von der Reling bis zur Kehle des Knies reichen und den beiden obersten Planken zur Stütze dienen. Die Querhölzer dienen losen Decksbrettern zur Auflage. Auch die Ruder-, Segel- und Steuereinrichtung ist gut erhalten. 16 Ruderlöcher mit nach vorn etwas schräg hoch gestellten Schlitzen dienen zum Durchstecken der Ruder, die ca. 17 Fuß Länge hatten. Die Rudersitze waren anscheinend lose, vielleicht dienten hierzu die Proviant- und Kleiderkisten. Das Steuer ist das übliche Seitensteuer, das steuerbords durch Tauwerk gehalten und durch eine Pinne gelenkt wurde. Beim Segeln waren die Ruderlöcher durch die (teils erhaltenen) buntbemalten Schilde bedeckt. Der Mast hatte sein Widerlager in einer schweren, über 4 Spanten reichenden eichenen Mastspur auf dem Kiel zwischen Spant 8 und 9 von vorn und in einem auf den Querhölzern ruhenden Mastfisch, der über 6 Spanten reichte. Eine Aussparung in der Spur gestattete ihn rücklings umzulegen. Beim Rudern ruhte er dann auf drei T-förmigen Galgen zwischen Spant 3/4, 9/10 und 14/15. Diese Galgen dienten auch sonst wohl den Rundhölzern (Rahen usw.) zum Lager. Ob auch der Zeltfirst im Gebrauch über die Galgen gelegt wurde, wie behauptet wird, ist ungewiß; möglicherweise ruhte

er beim Zelten auf den beiden zierlichen klappbaren Böcken, die sich im Boot vorfanden. Das Segel war wohl das übliche Rahsegel.

Das Oseberg- und Tuneschiff stimmen, abgesehen von den Maßen und nebensächlichen Einzelheiten, fast ganz mit dem Gokstadschiff überein. Das Osebergschiff im besonderen weist an den Steven und den einzelnen Geräten sehr schöne Schnitzereien auf, wie sie sonst bei keinem anderen Fund sich zeigten. Daß diese Boote sehr wohl seetüchtig waren, erhellt am besten daraus, daß ein dem Gokstadschiff genau nachgebildetes Boot im Jahre 1893 zur Weltausstellung nach Chicago hinübersegeln konnte, wobei es eine Geschwindigkeit von 10 Knoten und darüber entwickelte. Auch die Festigkeit des Baues war ausreichend. Die beschriebene Bastverbindung von Planken und Spanten gestattete erhebliches Nachgeben der Außenwand gegen den Wogendruck, ohne daß diese sich elastisch wieder ausgleichenden Verschiebungen der Festigkeit und Dichtigkeit des Ganzen schadeten.

Wenn wir die Literatur der Hauptwikingzeit, also vor allem die nordischen Sagas durchforschen, treten uns eine ganze Reihe von Schiffsnamen bzw. Arten entgegen. Aus den vielen Einzelzügen, die sich bei den betreffenden Erwähnungen finden, können wir uns an Hand der genannten Funde ein klares Bild machen. Wir wollen daher erst einen Überblick über die verschiedenen Formen dieser Zeit geben und zum Schluß die Krone, den Wikingdrachen, im Einzelnen beschreiben. Natürlich sind diese Formen auch keine starren gewesen, sondern in dauernder Entwicklung geblieben; doch für die Zeit von etwa 800—1200 ist der Grundtyp ziemlich gleichmäßig.

Grundsätzlich müssen wir scheiden zwischen den vorwiegend zum Rudern eingerichteten Kriegs- oder Heerschiffen und den Last- oder Handelsschiffen, deren Hauptkraft das Segel war. Ganz allgemein war das Ruderschiff schlanker und, des leichteren Ruderns wegen, meist niedriger gebordet, also weniger für Hochsee eingerichtet — die Fahrt nach Island im Langschiff wird schon damals als untunlich erklärt —, das Lastschiff dagegen breiter und voller und hochbordig, ein richtiges Meerschiff (hafskip). Daher wird von Olaf Tryggvasons „Langem Wurm“ [1]) ausdrücklich gesagt, daß seine Borde so hoch waren, „wie bei einem Seeschiff“. Wenn trotzdem für die riesigen Wikingzüge bis nach Jerusalem usw. vor allem Langschiffe in Frage kamen, so ist das dadurch erklärt, daß einmal diese Fahrten ja fast ständig den Küsten folgten, und daß ferner die große Mannschaft als Krieger und Ruderer einen doppelten Zweck erfüllte und ein — oft ja dringend nötiges — schnelles Vorwärtskommen auch da sicherte, wo das vorzugsweise auf Segelbetrieb eingerichtete Lastschiff, das meist nur geringe Mannschaft hatte, lange wegen ungünstigen Windes festlag. Im übrigen gestattete die beim Gokstadboot erwähnte Bauweise — Ruderlöcher statt Dollen — immerhin auch für das Langschiff höhere Borde. Es ist indessen fraglich, ob diese Bauweise, die den Ruderbetrieb doch erschwert, nicht vorwiegend nur für Segelschiffe als Aushilfsmittel benutzt wurde.

Den Einteilungsmaßstab gibt für die Ruderschiffe die Zahl der Ruder. Die Namen Groß- oder Kleinschiffe (storskip, smaskip), die häufig vorkommen, beziehen sich nicht auf Formen, sondern lediglich auf diese Größenmaße derart, daß mit dem ersteren Namen etwa 25 Sitzer (Ruderer) und entsprechend große Segel-Lastschiffe bezeichnet werden.

Die kleinsten Formen sind die Boote (batr), die zumeist als Beiboote (skipsbatr, eptirbatr) entweder auf dem Schiff mitgeführt oder hinterher geschleppt

---

[1]) Olaf Tryggvasonsage, Kap. 95.

wurden. Reste von 3 solchen fanden sich z. B. beim Gokstadschiff, deren eines auch eine Masteinrichtung im Mittelspant besaß. Die Hauptkraft waren die Remen, von denen jedes Boot 6, höchstens 12, also 3—6 jederseits hatte. Die Gokstadschiffboote hatten dazu eingepflöckte (nicht wie beim Nydamer Boot aufgebundene) Dollen und außerdem wohl Bodenbelag. Die Kiellänge dieser 3 Boote, die wohl den Normalmaßen entspricht, war ca. 4 m, 5,2 m und 7,2 m.

Kleinere Schiffe von 6 bis höchstens 20 Ruderern auf jedem Bord werden als smaskip bezeichnet. Hierzu gehören die Schuten (Skuta, letti-, hlejpiskuta), leicht und schnellsegelnd, zwar nicht eigentliche Kampfschiffe, aber doch beim Kampf mannigfachen Zwecken dienend. Die Privatyachten großer Herren (z. B. Oseberg- und Gokstadboot) sind meist Schuten. Als Zugnetzschute (lagnarskuta) dienten sie zum Fischfang (vgl. z. B. Eigil Skallagrimsonsaga u. a.). Wie aus vielen Stellen (Heimskringla, Eyarbyggjasaga u. a.) hervorgeht, war ein besonderer Vorteil, daß man sie infolge ihrer Leichtigkeit im Notfall über Land ziehen konnte. So konnten kleinere Heeresabteilungen auf der Verfolgung schnell aus einem Fjordgebiet über die Landenge (Eid) in das andere gelangen, ohne den großen Umweg über die Fjordmündung zu haben. Ähnlich waren die Karfen (karfi) mit höchstens 16 Sitzen an jeder Seite. In der Eigilsaga werden sie zum Seehund- und Walfang verwandt. Jedenfalls sind auch sie mehr für Küsten- und Binnenschiffahrt.

Das eigentliche Heerschiff (herskip) oder Heerbannschiff (leidangrskip) ist das Langschiff (langskip) von etwa 15 Ruderbänken aufwärts, zumeist 20 Sitzer (tvitug sessa).

Wenn man die Zahl der Remen betrachtet, gehen also die drei Gruppen teils ineinander über, und tatsächlich werden die einzelnen Bezeichnungen, wie auch die folgenden oft durcheinander angewandt, doch im allgemeinen sind gewisse Gruppenmerkmale vorhanden. Bei den Booten bediente ein Mann je ein Paar Remen, bei den Kleinschiffen saßen die Ruderer auf den Querbänken, und die Großschiffe hatten feste Sitzbänke, weswegen sie auch als 20, 25, 30 usw. Sitzer (tvitugsessa, half thritugt, thritug sessa) bezeichnet werden. Im allgemeinen war der Bord der Heerschiffe, wie vorher gesagt, niedrig, doch stieg er an den Steven bedeutend an, da eine höhere Aufstellung der Krieger im Kampf ein großes Übergewicht gab. Fast bei jeder Seeschlacht wird darauf hingewiesen, und dieses berücksichtigt auch Alfred der Große beim Bau der Abwehrflotte gegen die dänischen Wikings.

Außer der Allgemeinbenennung Heerbannschiff, Kriegsschiff, 20 Sitzer kommen noch, oft durcheinander gebraucht, die Bezeichnungen skeid, snekkja (Schnecke, Smack) und dreki (Drache) vor. Die Schnecken waren wie die Schuten Schnellsegler, so ist z. B. vindasnekkjur, d. h. Wendenschnecken, die häufige Bezeichnung in der Olaf Tryggvasonsaga u. a. für die schnellen Schiffe der mecklenburgischen und pommerschen Wikings. Olaf Tryggvason ließ[1]) ein großes Langschiff von 30 Raum (d. h. Ruderbänken) bauen, eine Schnecke, das wegen seiner schmalen Form der Kranich genannt wurde.

Boote dieser Größe werden sonst gewöhnlich als Skeid bezeichnet, doch läßt sich sonst nichts genaueres über die Besonderheit dieser Form sagen. Um etwa 900 (die Quellen sind natürlich weit später) taucht für die großartigsten dieser Langschiffe ein neuer Name auf, der in weiten Kreisen zur Bezeichnung für die alten Wikingschiffe schlechthin geworden ist, der Drache. Das erste Schiff, das so ge-

[1]) Olaf Tryggvasonsage, Kap. 79.

nannt wird, wurde von Harald Schönhaar 868 erbaut. Von der Skeid unterschied sich der Drache wohl besonders durch einen höheren Bord und vor allem den Stevenzierrat, indessen werden oft Drachen (z. B. König Haralds des Grausamen, 1061) als Skeid bezeichnet, doch nie umgekehrt.

Schon die Hälristningerschiffe zeigen mehrfach Stevenzierrate, doch handelt es sich wohl nur um Voluten. Auf einem herrlichen Relief vom Palast von Khorsabad aus dem 8. Jahrhundert v. Chr. dagegen sind Phönizische Schiffe mit fein modelliertem Pferdekopf-Steven abgebildet. Aus der Tatsache nun, daß die Phönizier über Gades wahrscheinlich bis nach England und auch in die Nordsee vorgedrungen sind, hat man folgern wollen, daß die Germanen diesen eigenartigen Zierat von den Phöniziern entlehnt hätten; doch liegen zwischen diesen Schiffen und den ersten bezeugten germanischen Drachenschiffen weit über 1000 Jahre, so daß eine Überlieferung denn doch schlecht glaubhaft ist. Wir müssen vielmehr selbständige Entwicklung annehmen, bei der der Hauptsache nach mythologische Vorstellungen wirksam waren. Noch im Landnamabok wird das Verbot ausgesprochen, daß Schiffe „mit klaffenden Häuptern oder gähnenden Rachen" Island ansegeln, „damit die Landgeister (d. h. Schutzgeister des Landes) nicht erschreckt werden". Von König Svens Fahrt nach London 1013 wird erzählt, daß seine Flotte prächtig war, die Schiffsseiten mit Figuren geschmückt und gemalt, auf den Masten Vögel- und Drachenbilder, die Feuer aus den Nasenlöchern spien, an den Steven vergoldete und versilberte Figuren von Menschen und Untieren, wie Drachen, Delphinen und Centauren mit vorgestrecktem Hals. Diese Köpfe — neben dem vorherrschenden Drachenhaupt auch Bison- und Stierköpfe, menschliche Gestalten wie Karl (der Große) oder Maria — waren also wohl Schutz- und Schreckbilder, wie man denn überhaupt dem Schiff einen Schutznamen gab. So hat Olaf ein Schiff Karlshaupt (Heimskringla) und den Wisent, König Sverrir von Schweden das Marienhaupt (Flateyarbok), Olaf der Heilige, das Olafshaupt, und Orvar Odd's Drache heißt Halfdanarnaut (Halfdansboot).

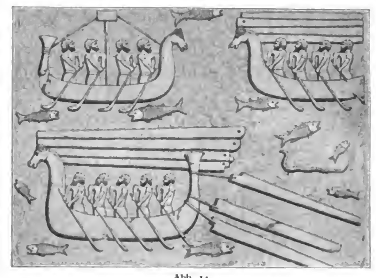


Abb. 14.
Phönizische Schiffe von einem Flachrelief in Khorsabad.

Die Maße dieser Drachen wuchsen ständig. Olaf Tryggvason eroberte in Helgeland das Schiff eines gewissen Raud aus Godö[1]), das hatte einen Drachenkopf und Schwanz; dieses nannte er den Wurm (d. h. Drachen), denn wenn das Segel hoch war, konnte es wohl für die Flügel eines Drachen gelten.

[1]) Olaf Tryggvasonsage, Kap. 87.

„Es hatte 30 Räume und war viel höher als der Kranich vorher.“ Nach dem Vorbild dieses Schiffes ließ der König[1]) 999 seinen „Langen Wurm“ bauen, der 74 Ellen lang war und 34 Räume hatte; „er war viel schöner als alle Schiffe im Lande. Das Haupt und der gekrümmte Schwanz waren ganz vergoldet und die Borde waren so hoch wie bei einem Seeschiff. Das war das beste und kostbarste Schiff, das je in Norwegen gebaut wurde.“ Wegen der Bordhöhe wurde dann auch nicht mit Dollen gerudert, sondern die Ruder tiefer durch Löcher (wie beim Gokstadschiff) geführt. Harald der Grausame hatte einen Drachen von 35 Räumen, Jarl Hakon Erikson einen von 40 und Knut der Große sogar von 60 Räumen (Altnordsaga IV). Immer hatten sie nur eine Ruderreihe; ein Typ mit zwei Reihen übereinander, von dem 1206 die Bagler bei Tönsberg 3 Schiffe bauten, bewährte sich nicht; sie wurden bald darauf von den Birkebeinern erobert. Bisweilen kommt eine andere Kampfvorrichtung vor, Eisenplatten am Steven oder Zapfen und Kämme an der Reeling (jedoch keine Rammsporne), die zum Rammen dienten. Hiernach wird Jarl Erik Hakonsons Drache, mit dem er in der Schlacht bei Svolde erfolgreich gegen Olaf Tryggvason kämpfte, der „Eisenbart“ genannt. Auch Orvar Odds Drache Halfdanarnaut hatte der Sage nach einen „Bart“.

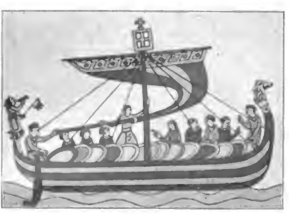


Abb. 15.
Flaggschiff Wilhelms des Eroberers „Mora“ (Teppich von Bayeux).

Des gewalttätigen Priesters Thankbrand Schiff dagegen bekam seinen Namen Eisenkorb daher, daß er es mit Eisenbändern flickte. Betreffs der Zahl der großen Schiffe sei noch eine Gesetzbestimmung erwähnt, die zur Zeit Olafs des Heiligen galt und bis in die erste Hälfte des 11. Jahrhunderts bestand, wonach die Schiffsreden (Aushebungsbezirke) Norwegens zusammen 312 Schiffe zu stellen hatten; davon 195 20-Sitzer, 116 25-Sitzer und 1 30-Sitzer. Die größten Schiffe, die ja die Stärke der Flotte ausmachten, wurden von dem König selbst und seinen Lehnsmannen gestellt. Die Besatzung der älteren Wikingschiffe im 10. Jahrhundert war entsprechend 40 Mann stark, bei größeren Schiffen bis 60 und 80, gegen Ende des Jahrhunderts auch 120 Mann.

Das ältere dänische Schiff, die „Esche“ (ask), muß 30 Ruder und mehr, d. h. auch ca. 30 bis 40 Mann Besatzung gehabt haben, denn von Alfreds Schiffen wird gesagt, daß sie fast doppelt so lang waren, einige 60 Ruder, einige mehr hatten, weder von friesischer noch von dänischer Form waren. Für die Schiffe der Jomsburgwikings ist 120 Mann die Höchstzahl. Doch kommen auch größere Zahlen vor, z. B. soll Erling Skjalgson (Zeit Olaf Tryggvasons) eine Skeid mit ca. 240 Mann Besatzung gehabt haben, König Sverre's Marienhaupt (1183) ca. 264 Rudermannschaften und Hakon Hakonsons Christhaupt (1263) ähnlich (4 Mann im Halbraum).

Die auf dem Teppich von Bayeux dargestellten Schiffe entsprechen genau dem Gesagten; bemerkenswert ist, daß bei den Normannenschiffen aus Wilhelms Flotte

[1]) Olaf Tryggvasonsage, Kap. 95.

die Ruderlöcher bis zur Mitte gehen, während bei Haralds Schiff oder Schiffen, die wohl als Dänenschiffe anzusprechen sind, die Reeling in der Mitte niedriger ist und die Ruderlöcher dort aussetzen.

In späterer Zeit, seit Anfang des 11. Jahrhunderts, tritt die Busse oder Büse (buza) auf, deren Name sowohl wie Form ausländischen Ursprungs sind. Vom eigentlichen Langschiff unterscheidet sie sich indessen nur unbedeutend, hauptsächlich durch vollere Form und höheren Bord, doch oft wurden die Namen durcheinander gebraucht. So wird z. B. ein Schiff Haralds des Grausamen (1162) sowohl Drache wie Skeid und Büse genannt. Eine Büse von 35 Halbräumen wird erwähnt. Die Büse bildet also ihrer Form nach das Mittel zwischen den Langschiffen und den Lastschiffen, (kaupskip), deren kleinere besonders für Küstenhandel verwandte byrdingr genannt werden, im Gegensatz zu den großen seefähigen (hafskip) Knorren. Ob byrdingr von byrdr (Bürde, Last) abzuleiten ist, oder wie Falk will, von Bord (d. h. also bordhohe Schiffe) ist zweifelhaft. Falk will Form und Namen ableiten von Einbäumen mit aufgesetzten Seitenplanken, was sich mit dem eingangs über die Schiffsurtypen gesagten berühren würde. Die Byrdingr hatten 10 bis höchstens etwa 30 Mann Besatzung und dienten vorwiegend dem Binnensee- und Küstenverkehr und als Proviant- usw. Schiffe für die Wikingflotten. Da die Haupttriebkraft nicht wie bei den Langschiffen das von Menschenhand bewegte Ruder war sondern das Segel, und da der Hauptraum für die Ladung benötigt wurde, war ihre Besatzung ebenso wie die der Knorren weit geringer als die der entsprechend großen Langschiffe.

Dem Überseeverkehr, Handel sowohl wie Kriegsfahrt, dienten vor allem die Knorren, deren Besatzung gewöhnlich etwa 15 bis 30 Mann betrug und bis auf höchstens 60 Mann stieg. Dieser Art gehört wohl auch ein Teil der auf dem Teppich von Bayeux abgebildeten Schiffe an. Auf ihnen wurde der ganze Hausstand befördert, Männer, Weiber, Kinder, Vieh und Gerät, Handelsware usw. Auf Island z. B. baute man teils mit Treibholz, das meiste Holz indessen wurde von Norwegen eingeführt, so z. B. von Olaf dem Heiligen für Kirchbau. Ähnlich berichtet die Gislasaga. Thorir (Grettirsaga) läßt seine Knorre, als er in Island angelangt ist, auseinanderhauen und die Brander (s. Bau) als Hausgiebel setzen. Kveldulf und sein Sohn Skallagrim rüsten 878 zwei große Knorren zur Überfahrt nach Island aus, mit je 30 Bewaffneten, dazu Frauen, Kinder und all ihre Habe. Nach sorgfältigen Berechnungen muß ein Boot für solche Fahrt ca. 40 Registertons gehabt haben, und wäre nach dem Gesagten doch nur eine kleine Knorre. Abgesehen von den zahlreichen Erwähnungen in den Sagas deuten noch isländische Eigennamen, wie Knarrarsund und Knarrarnes darauf hin, daß für die Islandfahrt die Knorren das Hauptverkehrsmittel waren.

Neben diesen einigermaßen sicher festlegbaren Schiffsformen finden wir noch eine Reihe weiterer Namen, die aber zum Teil nur poetisch oder mythologisch sind.

In England und Frankreich treffen wir vorwiegend den Namen Esche an (ask, aesk), der schon erwähnt wurde, in Frankreich auch Barke und in England Kiel (z. B. Beowulfslied). In der Heimskringla und anderen Sagas finden wir häufig, aber nur auf Mittelmeerschiffe angewandt, die Namen Dromone und Galeere, ferner Fähre, Ruderfähre, Nachen, Kahn, Eiche u. a. neben den zahllosen anderen dichterischen Umschreibungen, die die Skaldenpoesie verlangt, z. B. Renntier der Wiese Meitis (Meiti, ein sagenhafter Seeheld; seine Wiese, das Meer; dessen Renntier, das Schiff).

Zum Schluß ist nun der Bau und die Einrichtung eines Langschiffes der Hauptwikingzeit, ca. 800—1100, zu betrachten:

1. Kiel und Steven (kjolr, stafn). Der Kiel, wie der größte Teil des Schiffes aus Eichenholz gehauen, hatte in der Mitte T Querschnitt und ging nach dem Ende zu in [] Querschnitt über. An ihm waren die Steven angelascht, bei kleineren Schiffen aus einem Stück, bei größeren aus 2—3 Teilen, die dann der Reihe nach: undirhlutr, bardr und stal hießen.

Der Bart war bisweilen eisenbeschlagen (jarnbardr), noch seltener trug er einen Eisenkamm (skegg). Der Hintersteven (skutstafn) lief in einen gebogenen Schwanz (krokr) aus, der Vordersteven (framstafn) trug oft ein gewöhnlich abnehmbares

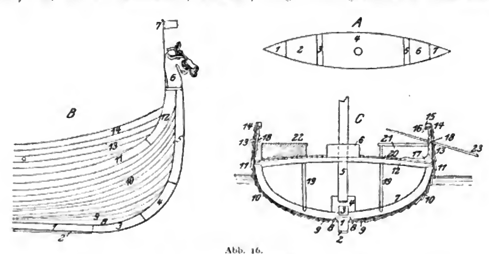


Abb. 16.

Bauriß eines Wikingdrachens.

A. Raumeinteilung. B. Außenhaut und Vordersteven. C. Querschnitt beim Mastspant.

A. 1) Stevenraum (stafn). 2) Schere (sox). 3) Vorderer Schöpfraum (austrrum). 4) Hauptraum (krapparum). 5) Hinterer Schöpfraum (austrrum). 6) Vorderraum (fyrirrum). 7) Hochdeck Schanze (lypting).

B. 1) Kiel (kjölr). 2) Unterkiel (drag). 3) bis 5) Vordersteven (framstafn) [3) undirhlutr. 4) bard. 5) stal]. 6) Kopfstück (hofud). 7) Wetterfahne (vedrviti). 8) Kielgang (kjolsyja). 9) Sandplanke (aurbord). 10) Kimmgang (hrefni). 11) Großplanke (meginhufr). 12) Brander (brandr). 13) Rudergang (rodrarhufr). 14) Schildrand, Reling (skjaldrim).

C. 1) Kiel. 2) Unterkiel. 3) Kielschwein (kerling). 4) Mastspur (stallr). 5) Mast. 6) Mastfisch (klofi). 7) Spanten (röng, innvidir). 8) Kielgang. 9) Sandplanke. 10) Kimmgang.) 11) Großplanke. 12) Decksbalken. 13) Rudergang. 14) Schildrand. 15) Relingbalken (bordstokkr). 16) Schildleiste (skjaldrim). 17) Knie (kne). 18) Hilfsspant. 19) Stütze (snaelda). 20) Deck (thiljur) 21) Ruderbank, Sitz (sess). 22) Seekiste. 23) Remen.

Kopfstück oder Figur. Häufig waren die Steven schön vergoldet oder bemalt, desgleichen auch große Teile der Außenhaut, wie vielfach in den Sagas erwähnt wird. Oft befand sich zum Schutze des Kieles beim Auflaufen oder Anlandziehen eine Planke unter dem eigentlichen Kiel, der sogenannte Unterkiel (drag).

2. Spantengerüst (innvidr, kne). Bei kleineren Schiffen waren die Spanten aus einem natürlich gekrümmten, zweiarmigen Stück Eichenholz, bei größeren aus einem unteren Kielstück (rong) und aufgelaschtem senkrechten Oberstück. Mit einem Einschnitt saßen die Spanten in ca. 90 cm Entfernung auf dem Kiel auf und wurden durch einen darüber gelegten Balken, das Kielschwein (kerling), mit entsprechenden Ausschnitten in ihrer Lage festgehalten. Die Oberenden der Spanten waren durch Querhölzer, Deckbalken (biti oder innvidir) verbunden, von denen jederseits Streben (snaelda) auf das Spant herabgingen. Die Balken, die die beiden zwischen je 2 Spanten liegenden Schöpfräume begrenzten, hießen danach Schöpfbalken (austrbiti), während der Hauptbalken mittschiffs Höfudbiti genannt wurde oder, wenn er selbst dem Mast als Widerlager diente, Segelbalken (siglubiti).

Auf den Decksbalken saßen natürlichgebogene Kniee (kne) auf, außerdem finden wir bisweilen noch Hilfspanten bis zu dem Deck hinab bei jedem zweiten Spant.

3. Außenhaut (bord). Die Planken sind fast stets geklinkert, d. h. dachziegelartig überfassend und durch Säume (sud) von eisernen Nieten (hnodsaumr) verbunden. Der Verband der Außenhaut mit den Planken fand früher (vgl. Nydam u. Gokstad) in der beschriebenen Weise durch Wurzeln oder Bast statt, in der Hauptzeit durch Holznägel (tresaumr), und der mit Kiel und Steven durch Spiekernägel (rettsaumr). An Kiel und Steven wurden die Planken in einer Spunning aufgenommen (vgl. Schiff von Baumgarth), und bisweilen sind auch die Spanten entsprechend treppenförmig geschnitten. Bei kleineren Schiffen sind die Plankengänge aus einem Stück, bei größeren gestoßen, doch so, daß die Stoßfugen nicht übereinander liegen, wodurch die Festigkeit leiden würde. Einzelne Plankengänge (syja) waren durch besondere Namen ausgezeichnet: der erste am Kiel hieß Kielgang (kjol syja), der nächste Sandplanke (aurbord), da er beim Anlandziehen aufschleifte, der am Übergang zur Senkrechten, der sog. Kimmgang (krefni), der am Spantenkopf, durch besondere Stärke ausgezeichnet, Großgang (meginhufr). Dieser lief in meist schön verzierten Plankenstücken, den brandar, an den Kiel aus und gegen ihn bzw. die brandar stießen die oberen Plankengänge, die sonst nur durch die Kniee und die Hilfsspanten gestützt waren. Die Ruderlöcher saßen im Rudergang (rodrarhufr), und am obersten Gang, dem Schildrand oder der Reeling (skjaldrim), waren die Schilde befestigt. Die innere Randverdickung des Nydamer Boots wird durch einen dicken Vierkantbalken (bordstokkr) auf der Innenseite der Reelingsplanke dargestellt, an dessen Unterseite eine Leiste (der eigentliche skjaldrim) genagelt ist mit kleinen viereckigen Ausschnitten. Durch diese Löcher zog man die Schildriemen, wenn man beim Segeln die Schilde über Bord hängte. In der Schlacht konnten sie nicht dort bleiben und die Bordwand erhöhen, da in der Schlacht gerudert wurde, die Schilde aber die Ruderlöcher deckten.

Innere Einteilung. Den Hauptraum überdeckte bei großen Schiffen ein festes Dach (thilfar), bei kleineren kurze Decksplanken (thilja), die von Spant zu Spant über die Decksbalken gelegt wurden. Der Raum des ersten und letzten Spantes war durch ein Schott abgetrennt, und über ihm lag ein erhöhtes Deck. Das hintere Halbdeck war die dauernd in Kampfberichten genannte lypting, das vordere hieß stafnlok. Bei den kleineren Schiffen saßen die Ruderer nach Entfernung der Decksplanken auf den Decksbalken, bei den großen standen auf dem festen Deck Ruderbänke (sess) oder zum gleichen Zweck die Seekisten der Leute. Etwas anders war die Einrichtung bei den Handelsschiffen. Hier war nur vorn und hinten ein kurzes Verdeck. Der große Mittelraum, der Laderaum (Klofarum, Klofi, d. h. Klauenraum, Klaue) war oben offen und die Ladung war mit Häuten oder Decken gegen Regen usw. geschützt. Von vorn nach hinten gelangte man mittels zweier Decksgänge längs der Reeling. Da die Bewegungskraft vorwiegend das Segel war, genügten die wenigen Ruderbänke auf dem Vorder- und Hinterdeck. An diesen Raum, dem bei den Langschiffen der krapparum (vielleicht Klampenraum wegen der Belegnägel) entspricht, stießen die beiden von Schotten begrenzten Schöpfräume (austrrum), in denen die Bilge zusammenfloß. Sie nahmen den Raum einer Spantentfernung ein. Das Bilgenwasser wurde von hier aus mittels Schöpfkellen (austker) oder Ziehkübeln gelenzt. Beim Kampfe hatte im Krappraum die Masse der Mannschaft Platz, vor allem die Rojer (Ruderer). An den vorderen Lenzraum stieß der Scherenraum (sox, auch rausn genannt), der seinen Namen von dem scherenförmig zulaufen-

den Vorderteil der Reling hatte. Hier standen die Hauptkrieger; mehrfach hören wir, daß Häuptlinge (z. B. Eigil Skallagrimson Saga) diesen Raum mit Berserks, d. h. besonders furchtbaren Kriegern, anfüllten. Auf der Bak (stafn) hatten der Marschall, der Bannerträger und die Stevenleute (stafnbuar) ihren Standort. Hier entbrannte der Nahkampf, der unterstützt wurde durch Fernwaffen der im Vorderraum (fyrrirum) — dem söx entsprechend hinten — stehenden Edlen. Auch die Waffenkisten befanden sich dort. Die Achterspitze schließlich, lypting (d. h. Erhöhung) genannt, diente dem Steuermann und dem Häuptling nebst seinem Gefolge zum Aufenthalt. Man vergleiche die prächtigen Schilderungen z. B. der Seeschlacht bei Svolde (in der Olaf Tryggvason Saga) und der Jomswikingerschlacht in der Heimskringla.

Äußerer Schmuck. Von den buntbemalten Schilden ist schon gesprochen, ebenso von den Drachensteven. Weiterhin wurde die stets geteerte Außenhaut häufig in bunten Streifen gemalt, wie z. B. aus den Abbildungen des Teppichs von Bayeux hervorgeht. Orvar Odd's Drache Halfdananaut war über der Wasserlinie mit Fischfiguren verziert, ebenso war Thorolfs Schiff (Skallagrimson Saga) schön bemalt. Die Brandar und die Hauptplanke waren bisweilen ebenso wie die Steven schön geschnitzt (z. B. Gokstad) und vergoldet oder bemalt. Dazu kamen die aus bunten (blau und rot oder weiß und rot u. a.) Streifen zusammengenähten Segel und der vergoldete Mastknauf (hlunn) sowie der Wetterwimpel (vedrviti). Als König Sigurd Jerusalemfahrer in Konstantinopel einfahren wollte, wartete er lange Tage in den Dardanellen, bis er mit Seitenwind einfahren und den Städtern die ganze Pracht seiner Schiffe zeigen konnte, d. h. bis der Wind ihm erlaubte, die Segel fast in der Längsrichtung des Schiffes zu stellen.

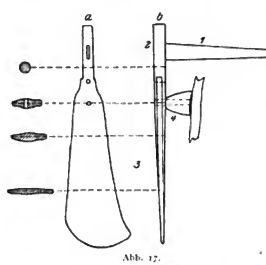


Abb. 17.
Steuer vom Gockstadschiff.

Zubehör. Als wichtigstes sind die Segel- und Rudereinrichtung zu nennen. Das vierkantige oft buntgestreifte Segel aus Friesstoff (vad) war oben mit einem Rahband an eine Rahe angeschlagen und unten durch Schoten (skantreip) gestellt. Mit Hilfe von Reefbändern (rif), Reefseisingen (sviptingar) und Geitauen (hefill) konnte das Segel gereeft wie aufgegeit werden. Eine Art Großbaum (beiti-ass), wie er z. B. in der Heimskringla (Ynglinger-Saga) genannt wird, gestattete auch zu kreuzen oder dicht am Winde zu segeln. Im großen ist unsere Kenntnis aber infolge der dürftigen Quellen in diesem Punkte nicht ganz sicher.

Die Remen, wie sie verschiedentlich erhalten sind, wurden bei den älteren und bei kleineren Booten, z. B. dem von Nydam, mit Hilfe von aufgebundenen oder aufgenagelten zapfenförmigen Dollen und einer durch ein Loch in der Dolle gezogenen Ruderschlinge gehandhabt, bei den größeren (z. B. Gokstad) durch Ruderlöcher etwa im 12. Plankengang gesteckt. Sie waren fast von der heutigen Form.

Das Steuer (stryri, ror) war ein Seitensteuer bis weit über das Ende der Wikingzeit hinaus. Solche Seitensteuer zeigen z. B. die Schiffe auf dem Teppich von Bayeux

(übrigens ziemlich gleich auch das Basrelief über der Tür des „schiefen Turmes" von Pisa). Das beim Nydamer Boot gefundene ist ca. 3 m lang und läuft etwa von der Mitte ab in ein ca. $^1/_2$ m breites Blatt aus. In der Mitte ist ein Loch, das für ein Tau, mit dem wohl das Ruder an der Außenhaut befestigt wurde, bestimmt war, doch ist dies nicht sicher. Vielleicht diente das Tau auch zum Aufholen des Ruders. Unterhalb des Loches ist ein Holzpolster mit 3 Nieten (eine Klampe), um Ruder

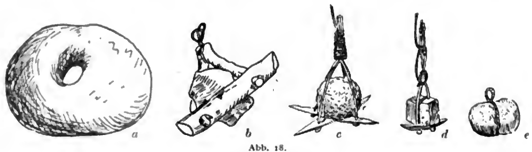


Abb. 18.
Ankerformen.
a) Flintsteinanker. b) Steinholzanker. c) Steinholzanker aus Massachusetts. d) und e) Steinanker aus Cornwell.

und Bordwand vor Stößen und Abnutzung zu schützen. Oben trägt der Hals einen wagerechten Handgriff. Ähnlich doch viel vollkommener ist das Ruder, das bei dem Gokstadschiff gefunden wurde. Der Hals ist ca. $1^1/_2$ m lang, das Blatt ca. 2,40 m und $^1/_2$ m breit. Der Hals wird durch zwei Holzleisten außen an der obersten Planke und ein Tau festgehalten, während der obere Teil des Ruderblattes gegen einen dicken Holzzapfen außen auf der 5. bis 7. Bordplanke ruht. Ein Loch geht



Abb. 19.
Siegel von Sandwich (1238).



Abb. 20.
Siegel von Elbing (1242).

durch Planke, Zapfen und Ruderblatt hindurch, durch das ein Tau oder eine Weidenrute geführt ist, die Spielraum genug für eine Drehung des Ruders um seine Längsachse läßt. Oben in den Hals ist eine Ruderpinne von ca. 1 m senkrecht eingefügt. Zum Hochhängen des Ruders in flachem Wasser dienen zwei Ösen, eine oben und eine unten am Blatt.

Anker. Ursprünglich diente den Germanen wie wohl anderen Völkern ein durchlöcherter Stein, durch dessen Öffnung ein Tau gesteckt wurde, und der, im Wasser oder auf Land liegend, durch sein Gewicht das Schiff hielt. Der

[1]) Vgl. Dr. Ing. F. Moll, Die Entwicklung des Schiffsankers bis zum Jahre 1500 n. Chr. (Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Band 9).

alte norwegische Name ist grjot, d. h. Stein. Solche Steinanker sind übrigens sogar noch heute in Gebrauch, ebenso wie die weitverbreiteten Holz-Stein-Anker, Gerüste aus Balken, Weidenruten usw., die mit großen Steinen angefüllt sind. Die scharf zugespitzten Balkenkreuze verleihen diesen Ankern eine Wirkung ähnlich der der modernen Anker. Neben diesen heimischen Formen ist schon sehr früh aus dem griechisch-römischen Kulturgebiet zugleich mit dem Namen Anker der eiserne Anker fast in der noch heute üblichen Form eingedrungen, wie z. B. der Nydamer Fund beweist.

Zelt. Zum Schlafen werden abends Zelte auf Deck aufgeschlagen und zwar auf der Schanze ein kleineres für den Häuptling oder König, oft auch ein anderes kleines auf der Bak, und ein größeres über dem Mittelteil des Schiffes. Wahrscheinlich legte man einen Firstbalken (tjaldass) über Stützen mittschiffs und darüber die Zeltbahnen, die durch Bändsel untereinander und mit der Bordkante verbunden wurden. Den Abschluß bildeten giebelartige Windbretter (kofi), ähnlich wie man sie z. B. beim Gokstadschiff fand (diese gehören wahrscheinlich zu einem Landzelt).

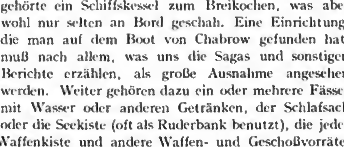


Abb. 21.
Siegel von La Rochelle (1308).

Weitere Ausrüstungsgegenstände. Hierzu gehörte ein Schiffskessel zum Breikochen, was aber wohl nur selten an Bord geschah. Eine Einrichtung, die man auf dem Boot von Chabrow gefunden hat, muß nach allem, was uns die Sagas und sonstigen Berichte erzählen, als große Ausnahme angesehen werden. Weiter gehören dazu ein oder mehrere Fässer mit Wasser oder anderen Getränken, der Schlafsack oder die Seekiste (oft als Ruderbank benutzt), die jeder Mann an Bord besaß, die Waffenkiste und andere Waffen- und Geschoßvorräte, selbstverständlich sicherlich auch Reserveteile und Handwerkzeug für Reparaturen.

Mit den neuen Formen und dem Anwachsen der Größen ändern sich auch teilweise die konstruktiven Einzelheiten des Schiffbaues. Noch zu Anfang der Wikingzeit ein Hausgewerbe darstellend, hat sich der Schiffbau zu einer hohen Technik entwickelt. Ein eigener, in verschiedene Klassen gegliederter Stand von Schiffbauern hat sich gebildet. Die einzige etwas umfangreichere Stelle, wo wir über die Bauarbeit selbst etwas hören (Olaf Tryggvasonsage, 95), nennt außer dem Hauptschmied mit dem bezeichnenden Namen Thorberg Hobelschlag Leute zum Holzfällen, zum Hobeln (d. h. Zurechthauen der Planken), zum Nägeleinschlagen (Nieter) und zum Herbeitragen der Balken (ungelernte Arbeiter). Sie wandern, wie es auch heute noch z. B. in Ostpommern geschieht, von einem Hof zum andern und bauen gegen Lohn und Kost die Fahrzeuge. Sie errichten aber auch schon richtige Werften, von welchem manche sich zu großem Ruf erheben und aus denen tüchtige Meister hervorgegangen sind. Vergleichbar sind sie den Bauhütten.

Es bleibt nunmehr nur noch kurz etwas über das Handwerkzeug zu sagen. Auch hier wissen wir kaum etwas, ebenso lassen uns die Funde fast ganz im Stich. Sicher ist, daß die Säge unseren Vorfahren unbekannt war. Alle Planken wurden aus Balken gehobelt, das heißt mit einem Instrument ähnlich dem heutigen Dexel wurde der Balken auf die gewünschte Dicke abgehauen und dabei z. B. die Klampen für die Befestigungsstücke aus dem Vollen stehen gelassen. So gab ein Stamm natürlich auch nur eine Planke, denn man wird kaum mittels Keil den Stamm erst gespalten haben, um mehrere Planken zu gewinnen.

Daneben wurden hauptsächlich Beil oder Axt und Messer benutzt, die von den heutigen nicht allzu verschieden gewesen sein können, da ja schon die Steinbeile in der Form den heutigen gleichen. Auch der Bohrer ist bekannt gewesen. Das vornehmste Werkzeug war der Hammer, der auch die Hand Thors schmückte. Zum Nageln und Nieten, zum Schmieden des Eisens, überall war er notwendig und muß besondere Formen entwickelt haben. Die einzige Abbildung älterer Zeit aus unserem Gebiet, die uns Schiffbauer bei der Arbeit mit Dexel und Beil zeigt, ist eine Miniatur aus dem ostenglischen Gorleston-Psalter (Anfang des 14. Jahrhunderts).

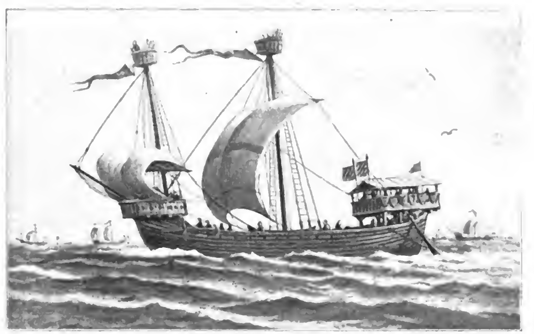


Abb. 22.
Kreuzfahrer um 1280.

Auf die weitere Entwicklung des altgermanischen Schiffbaues sei hier noch kurz eingegangen. Man hat geglaubt, daß das schlanke Schiff der Nordgermanen nicht zur Beförderung großer Lasten geschaffen war und daß es von dem im Westen entstandenen Nef und Koggen verdrängt wurde. Vielmehr war die Entwicklung so, daß die Schiffsart Nef unter dem Einfluß der altnordischen Schiffsbaukunst entstanden ist. Die nordischen Schiffe wurden in England und Frankreich nicht nur durch die Wikingerzüge bekannt, sondern wohl mehr durch die germanischen Ansiedlungen und haben sicherlich dem dort heimischen Schiffsbau als Vorbild gedient. Auch die englische und französische Seemannssprache hat viele nordische Lehnwörter aufgenommen, ja sogar die berühmten „Rôles d'Oléron" enthalten seerechtliche Bestimmungen, die aus dem Nordischen entlehnt sind. Was die Tragfähigkeit der nordischen Schiffe des späteren Mittelalters angeht, sei nur auf das norwegische Schiff hingewiesen, welches im Jahre 1304 in Lynn eine Ladung Heringe im Werte von 217 £ 10 sh. verzollte und danach eine Tragfähigkeit von mehr als 200 Last hatte[1]). Diese Entwicklung lassen z. B. die Schiffe in den Stadtsiegeln von Sandwich (1238), Winchelsea (13. Jahrh.), Poole (1315), La Rochelle (1308), ferner die Grabsteine

[1]) A. Bugge, Zeitschr. d. Ver. f. Hambg. Gesch. 19, 116, A. 6, 1914.

der Hebriden (13.—15. Jahrh.) sowie Darstellungen in einigen englischen und französischen Handschriften des 13. und 14. Jahrhunderts gut erkennen. In Deutschland zeigen nur die Schiffssiegel von Lübeck (1230), Neustadt (1351) und Wismar (1256) Anklänge an die nordische Schiffsbauart.

Erhalten haben sich einige altnordische Schiffsformen noch heute, so in Schweden das Leksand Boot, Rättvik Boot, in Norwegen das Söndmör Boot, Fischerboot von Ranen sowie Fahrzeuge vom Typ des Osebergschiffes auf dem Rombaka Fjord. Auch das Dievenower Fischerboot geht sicherlich auf ein altnordisches Vorbild zurück.

Ein zweites Schiffbauzentrum wurde Friesland, der Ausgangspunkt des Koggen. Dem Einfluß der nordischen und friesischen Schiffbaukunst auf andere Völker nachzugehen wäre äußerst reizvoll und muß für später vorbehalten bleiben.

Die weitere Entwicklung ist durch die sorgfältigen Arbeiten Vogels und Hagedorns[1]) klargestellt. Bemerkt sei nur noch, daß die Rumpfformen völliger werden, die hohen Steven verschwinden, und durch einen gleichmäßigen Sprung ersetzt werden. Die in Skandinavien schon um 1030 auftretenden losen Kastelle werden im 14. Jahrhundert fest mit dem Rumpf verbunden. Das alte Seitensteuer wird im 13. Jahrhundert durch das Stevensteuer verdrängt (Siegel von Elbing 1242 und Stavoren 1246, Zollrolle von Damme 1252). Der schon im Altertum gebräuchliche Kraweelbau, der im Norden schon im 11. Jahrhundert gelegentlich beim Bau größerer Schiffe zur Anwendung kam, wird Ende des 15. Jahrhunderts eingeführt. Seit dem Ende des 15. Jahrhundert werden alle größeren Schiffsarten als Dreimaster getakelt, womit die Zeit der großen Segler beginnt.

[1]) W. Vogels Geschichte der deutschen Seeschiffahrt, Bd. I, Berlin 1915, S. 464 ff. und B. Hagedorns Entwicklung der wichtigsten Schiffstypen, Hamburg 1914 (hierzu sind die wichtigen Rezensionen W. Vogels Hansische Geschichtsbl. 1914, S. 367 ff. und A. Bügges Zeitschr. d. Ver. f. Hambg. Geschichte 19, 109 ff., 1914, heranzuziehen).

Technische Darstellungen in Bilderhandschriften des 13. bis 17. Jahrhunderts.

Von

Dr.-Ing. Hugo Th. Horwitz, Wien.

Anschließend an die Ausführungen an früherer Stelle[1]) seien hier abermals einige Bilder mit technischen Vorwürfen wiedergegeben und besprochen. Diesmal sollen jedoch neben Miniaturwerken allgemeinen Inhaltes auch spezielle „technische" Handschriften herangezogen werden.

Abb. 1 entstammt dem Codex 2554 der Nationalbibliothek (früher Hofbibliothek) zu Wien. Diese Pergamenthandschrift ist eine altfranzösische Bilderbibel (Bible historiée) und gehört der Mitte des 13. Jahrhunderts an. Auf den Seiten befinden sich je zwei Reihen von goldgrundierten Medaillons, die eine Darstellung aus der biblischen Geschichte und unmittelbar daneben eine allegorische Auslegung aufweisen. Die im Texte verwendete Mundart gehört der östlichen Champagne an.



Abb. 1.
Mühle mit Laufrad.
Folio 64 b des Cod. 2554 der Nationalbibliothek zu Wien.

Das Bild erläutert das Arbeiten Simsons in der Mühle. Rechts tritt Simson das Laufrad, links befindet sich die Mühle, auf deren Welle ein Laternenrad sitzt; in dieses zahnt ein vertikal stehendes Kronrad. Die Zähne des letzteren sind in eigenartig falscher Weise einseitig sägeförmig ausgebildet. Was besonders auffällt, ist, daß zwischen dem Laufrade und dem vertikalen Kronrade keine Verbindung besteht, ja, daß das Kronrad überhaupt weder Speichen noch eine Nabe besitzt. Diese Teile sind von dem in der Darstellung technischer Einzelheiten ganz ungewandten Zeichner jedenfalls vergessen worden. Die Verbindung zwischen Lauf- und Kronrad stellen wir uns am besten wohl so vor, daß wir uns die Mühle hinter dem Laufrad befindlich denken, wobei dann die sich weiter nach hinten erstreckende Laufradachse unmittelbar das Kronrad trägt. Eine Andeutung dieser Achse bildet vielleicht die vertikal durch das Kronrad durchgesteckte Säule. Daß sie unten vor der Laufradfelge liegt, oben dagegen hinter dieser verläuft, deutet wohl darauf, daß man sie sich eigentlich horizontal vorzustellen hat. Falsch ist freilich wieder, daß

[1]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 10, Berlin 1920, S. 175—178.



Abb. 2.
Kirchenbau.
Die Bilder der Hedwigslegende nach einer Handschrift vom Jahre 1353 in der Bibliothek der P. P. Piaristen zu Schlackenwerth, herausgegeben von Adolf Ritter von Wolfskron, Wien 1846. Tafel 30.

sie nicht durch die Nabe geht, und daß sie in der oberen Radhälfte vor der Figur des Simson liegt.

Wollen wir auf die Annahme, daß der Maler Speichen und Nabe des Kronrades vergessen habe, nicht eingehen, so ergibt sich vielleicht eine Erklärung der Zeichnung, wenn wir uns vorstellen, daß das Laufrad an seiner hinteren Seite keine Speichen besitzt, sondern dort vollständig verschalt ist. Das Kronrad wäre dann, nur als Radkranz ausgebildet, direkt an dieser Abschlußwand befestigt. Eine Schwierigkeit ergibt sich freilich auch hier wieder, weil dadurch die vertikale Mühlenwelle so nahe an die Abschlußwand des Laufrades gerückt würde, daß für die Mühlsteine kein Platz bliebe.

Aus dieser Zeichnung ersehen wir, wie unbeholfen ein für die damalige Zeit sicher sehr bedeutender Künstler der Darstellung selbst verhältnismäßig einfacher technischer Gebilde gegenüber stand.

Abb. 2 findet sich in einer Handschrift vom Jahre 1353, die zum Inhalte die Legende der heiligen Hedwig, Herzogin von Schlesien (aus dem Geschlechte der Meraner), hat. Die Handschrift ist wahrscheinlich eine Kopie nach einem etwa hundert Jahre älteren Werke, so daß wir die Bilder um die Mitte des 13. Jahrhunderts datieren können. Die Abbildung stellt einen Kirchenbau dar, wobei ein einfacher Hebekran zur Verwendung gelangt. Er besteht aus der schwenkbaren Säule, einem leiterförmigen Ausleger (dem Schnabel des Kranichs) und zwei Rollen; eine Stütze für den Ausleger ist nicht eingezeichnet. Am Kranseile hängt ein Tragbett, auf dem einige Ziegel liegen. Verschiedene Handwerker, die teilweise mit Kellen ausgerüstet sind, arbeiten beim Bau. Rechts ist ein primitives Gerüst angedeutet. Die Kirche zeigt romanischen Stil, und deswegen wird für die Entstehungszeit der

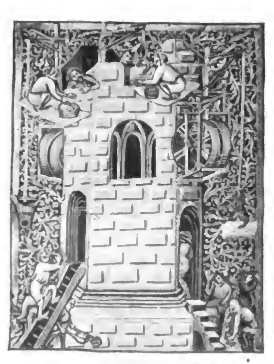


Abb. 3.
Baukrane.
Folio 106 des Cod. 2759 der Nationalbibliothek zu Wien.

Zeichnung auch ein früheres als das 14. Jahrhundert angenommen. Es wäre noch darauf hinzuweisen, daß das Dach der Apsis mit schuppenförmigen Bleiplatten gedeckt ist. Diese Methode der Dachdeckung wird auch im Texte der Legende besonders erwähnt[1]).

Abb. 3 ist dem Codex 2759 der Wiener Nationalbibliothek entnommen. Die Codices 2759 bis 2764 bilden die sechs Bände der berühmten, mit herrlichen Miniaturmalereien ausgestatteten „Wenzelsbibel", die für König Wenzel IV. von Böhmen bestimmt war. Sie enthält eine deutsche Bibelübersetzung und entstand am Ende des 14. Jahrhunderts in Böhmen. Die Abbildung stellt den Turmbau zu Babel dar. Wir erkennen eine größere Anzahl von Handwerkern, die mit dem Bau eines Turmes, der der Zeit entsprechend einige Andeutungen des gotischen Stils aufweist, beschäftigt sind. Oben auf dem Turme befinden sich drei Krane, von denen jeder der beiden seitlichen mit einem Laufrad ausgestattet ist. Beim mittleren Krane ist kein solches sichtbar, vielleicht hat man es sich aber an der Hinterseite des Turmes zu denken. Die Krane sind sehr einfach konstruiert; sie bestehen im wesentlichen aus einer schwenkbaren Säule, einem Ausleger mit Spreize und zwei Rollen. Das Seil läuft oben über die Rollen und dann offenbar direkt zur Seiltrommel, die sich auf der Laufradachse befindet. Beim rechten Krane wird ein Steinblock gehoben, der von einer selbstschließenden Zange gefaßt ist; hier erkennt man auch einen Mann im Laufrad. Mit Hilfe des mittleren Kranes wird eine Quader gerade auf ihren Platz versetzt. Daneben befinden sich zwei Arbeiter, von denen einer mit einer Kelle und einem Mörtelschaff auf einer Gerüstplattform kauert. Auch beim linken Krane ist eine solche Gerüstplattform ohne jede Stütze gezeichnet. Hier wird durch den Kran ein Schaff hochgezogen. Links unten erblicken wir einen Mann mit einer Schiebkarre und einen mit einem Mörteltrog.

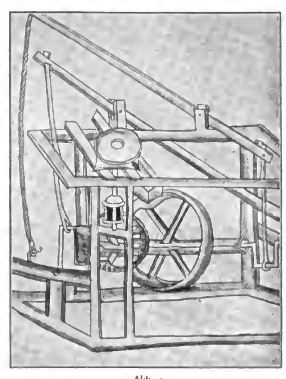


Abb. 4.
Mühle mit Balancierantrieb.
Folio 1a des Cod. 5518 der Nationalbibliothek zu Wien.

Die Darstellung zeigt uns, daß solche Krane mit Laufrad bei Bauten gelegentlich Verwendung fanden. Sie wurden beim Steigen des Mauerwerkes allmählich mit nach aufwärts gerückt.

Abb. 4 stammt aus Codex 5518 der Wiener Nationalbibliothek. Dieser stellt eine nicht vollständige Ausgabe der berühmten Bellifortis-Handschrift von Konrad Kyeser von Eichstädt dar. Von diesem Werke, dessen älteste Ausgabe das in der Universitätsbibliothek zu Göttingen befindliche im Jahre 1405 entstandene Exemplar sein dürfte, sind eine große Anzahl von Handschriften bekannt. Die hier an-

[1]) S. XXI und S. 28 der Reproduktionsausgabe.

geführte gehört dem 15. Jahrhundert an und ist unvollständig, besitzt aber vor den eigentlichen, zum Bellifortis-Bestande gehörenden Bildern zwei Blätter mit Zeichnungen, die bei den anderen Exemplaren wohl fehlen.

Die Abbildung zeigt eine Mühle mit einer ganz eigenartigen Antriebsvorrichtung. In dem Gestelle ist unten eine horizontale Welle gelagert, die mit zwei Kröpfungen, einem Schwungrad und einer Laternenradübersetzung auf die Mühlwelle ausgestattet ist. Die Darstellung ist äußerst verzeichnet; besonders die linke Kröpfung ist vollständig verfehlt. Von beiden Kröpfungen gehen Kurbelstangen zu den zwei Balanciers, die (wieder fehlerhaft) beide am hinteren Balken des oberen Gestellrahmens gelagert sind. Von den freien Enden der Balanciers reichen Zugseile herab; das rechte ist auf der Zeichnung nicht mehr sichtbar.

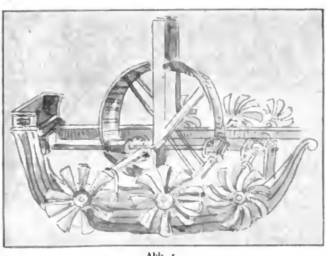


Abb. 5.
Schauffelradschiff.
Folio 58a des Cod. 10877 der Nationalbibliothek zu Wien.

Die nächste Abbildung ist dem Codex 10877 der Nationalbibliothek in Wien entnommen. Die Handschrift zeigt auf 75 einseitig benutzten Blättern eine größere Anzahl von technischen Zeichnungen, die mit der Feder leicht skizziert und mit Sepia und blauer Farbe schwach getuscht sind. Der Band enthält Maschinenzeichnungen, Hebewerke, Belagerungsgeräte u. a.; am Schlusse befinden sich eine Anzahl leerer Blätter. Es dürfte sich bei dieser Handschrift um das Skizzenbuch eines Ingenieurs (vielleicht eines Militäringenieurs) handeln. Der Codex, der nur die Bilder ohne jeglichen Text enthält, stammt aus dem 17. Jahrhundert; bei den Zeichnungen sind jedoch sicherlich teilweise ältere Vorlagen benutzt worden.

Abb. 5 zeigt uns die Skizze eines Schaufelradschiffes mit Laufradantrieb. Wir erkennen drei Paar Schaufelräder, die von einer längsschiffs liegenden horizontalen Welle mittels Laternen- und Kronrädern angetrieben werden. Wie die Übertragung vom Laufrad aus stattfindet, ist nicht zu erkennen. Die Zeichnung ist, wie man an der gegenseitigen Anordnung der drei Zahnradpaare erkennt, jedenfalls sehr flüchtig und ungenau entworfen, denn bei der hier dargestellten Ausführungsform würden sich die drei Schaufelräder keinesfalls mit gleicher Geschwindigkeit drehen. Die starke perspektivische Verzeichnung gestattet es vielleicht anzunehmen, daß sich das Laufrad direkt auf der linken Welle befindet, von der aus dann die beiden anderen Wellen angetrieben werden. In diesem Falle war es wohl beabsichtigt, das Laufrad nicht auf die linke, sondern auf die mittlere Welle zu setzen und nur die perspektivische Ungewandtheit hat hier die Verschiebung hervorgerufen.

Zeichnungen von Schaufelradschiffen findet man keineswegs erst im 17. Jahrhundert, sondern schon weit früher; besonders in kriegstechnischen Handschriften des 15. Säkulums und bei Leonardo da Vinci kann man sie häufig antreffen. Bei keiner dieser früheren Zeichnungen kommt jedoch ein Antrieb mittels Laufrades vor.

Die beiden nächsten Abbildungen sind auch obiger Handschrift entnommen. Sie stellen zwei eigenartige Vorrichtungen, deren Zweck nicht bestimmt angegeben werden kann, dar. Wahrscheinlich dürfte es sich um irgendwelche Hilfsmittel zum Lastentransport handeln.

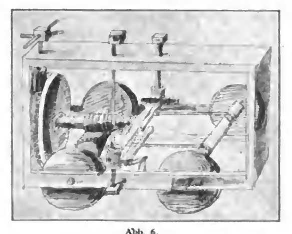


Abb. 6.
Antriebsmechanismus.
Folio 6a des Cod. 10877 der Nationalbibliothek zu Wien.

Abb. 6 zeigt uns ein kastenförmiges Gestell mit vier Rädern. Die linke Achse bildet die Antriebsachse. Der Antrieb erfolgt durch eine Art Spill (dessen Arme jedenfalls viel zu kurz gezeichnet sind) und die Übertragung der Bewegung durch Zwischenschaltung einer Laternen- und einer Schraubenradübersetzung. Die rechte Achse, die wahrscheinlich als Vorderachse gedacht war, dient zur Lenkung; hierzu ist die Achse in länglichen Schlitzen, die sich in den unteren Balken des Gestelles befinden, verschiebbar. Die Schwenkung der Achse wird durch zwei Lenkstangen bewirkt, die von ihr aus zu zwei Hebeln mit Zahnsegmenten führen. Diese Hebel sind nahe der Mitte des ganzen Gestells drehbar gelagert.

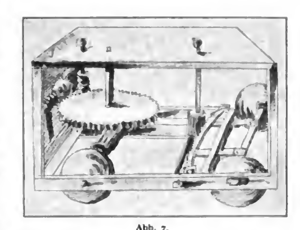


Abb. 7.
Antriebsmechanismus.
Folio 18a des Cod. 10877 der Nationalbibliothek zu Wien.

Auch die Schwenkung der Vorderachse geht wieder von zwei oben auf dem Gestell befindlichen Spillkreuzen aus und erfolgt unter Zwischenschaltung von Laternenrädern, die auf die Zahnsegmente einwirken. Hinsichtlich der verwendeten Baustoffe sei bemerkt, daß die Zahnsegmente, die Lenkstangen und die Spillwellen blau getuscht sind, wogegen alles übrige als Holz dargestellt ist. Ob die praktische Ausführung möglich wäre, bleibe dahingestellt. In die Augen springend ist das Fehlen irgendwelcher zwangsläufiger Verbindung zwischen den beiden Lenkspillen.

Abb. 7 zeigt einige Abweichungen in der Anordnung der Einzelheiten. Der Antrieb erfolgt ebenso wie früher, diesmal aber durch Dazwischenschaltung von zwei Schrauben- und einer Laternenradübersetzung. Hierbei sind beim großen horizontal liegenden Rade die Zähne, die in das linke Schraubenrad eingreifen, deutlich gezeichnet, die zum Laternenrad gehörenden dagegen ganz merkwürdig und sehr flüchtig angedeutet[1]). Die Lenkvorrichtung besitzt hier zum Unterschied

[1]) Die Andeutung besteht lediglich in kleinen Kreisen, die sich unterhalb der Radperipherie befinden. Die Zähne der beiden rechten Kronräder von Abb. 5 und die des linken Kronrades von Abb. 6 zeigen eine ähnliche flüchtige Zeichnung.

gegen früher nur ein großes Zahnsegment, das an seinen beiden Enden in rechteckigen Eisen verschiebbar gelagert ist. Der Zahnbogen wird wieder durch ein Laternenrad bewegt. Auch hier sind die Lenkstangen, der Zahnbogen, die Führungsstücke und die Spillwellen als Eisen, das übrige als Holz getuscht.

Die besprochenen Abbildungen zeigen uns die häufige Verwendung von Baukranen im Mittelalter, die wohl in unmittelbarem Zusammenhang mit der Benutzung solcher Vorrichtung im Altertume steht[1]). Sie sind meistens ohne Laufrad ausgeführt; gegen Ende des Mittelalters finden sich aber auch gelegentlich schon Bauformen mit Laufradantrieb. Außer bei Kranen wurden Laufräder auch zum Antrieb anderer Vorrichtungen gerne verwendet. Wir sahen sie hier noch bei einer Mühle und bei einem Schaufelradschiff benutzt.

Gelegentlich der Verwendung des Balanciers mit Kurbelantrieb zu Anfang des 15. Jahrhunderts erinnern wir uns auch unwillkürlich an das widersinnige Patent auf die Verwendung dieses Maschinenelementes bei Dampfmaschinen, das dreieinhalb Jahrhunderte später James Watt zur Konstruktion und zum Einbau seines Planetenradgetriebes zwang.

[1]) Vgl. den Baukran aus dem 4. oder 5. Jahrhundert n. Chr.: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd. 10, Berlin 1920, S. 175.

Beiträge zur außereuropäischen Technik.

Von

Dr.-Ing. Hugo Th. Horwitz, Wien.

Auf die Beziehungen der Geschichte der Technik zu einer Kulturgeschichtsschreibung im universalhistorischen Sinne hat der Verfasser bereits an früherer Stelle hingewiesen[1]). Freilich wandeln heute einerseits die Technohistorie, andererseits die von den Geschichtswissenschaften oder der Völkerkunde ausgehenden kulturhistorischen Disziplinen noch vielfach getrennte Bahnen, so daß von einer gegenseitigen Einwirkung aufeinander und von einer innigen Befruchtung noch nicht viel wahrzunehmen ist.

Die anfangs eingeschlagenen Wege bei Darstellungen technisch-geschichtlichen Inhalts lagen überhaupt weit abseits von kulturhistorischen Untersuchungen im üblichen Sinne. Die Technik der letzten hundert Jahre, wenn es hoch kam auch die einiger vorangehender Jahrhunderte, bildete den Forschungsbereich, und dabei beschränkte man sich überdies noch sehr auf die Disziplinen, die der Techniker und Ingenieur im modernen Leben beherrscht, im Gegensatze zu den Arbeitsweisen des Handwerkers, des Landmannes und anderer Vertreter einer primitiveren Kulturstufe. So kommt es, daß selbst die Darstellung der gesamten heutigen Technik nicht ausschließlich den Techniker zum Urheber hat, sondern daß sich mit den Gebieten, die einen verhältnismäßig primitiven Rang einnehmen, vielfach Vertreter anderer Wissenszweige, wie Volkskundler, Ethnologen, Kunst- und Kulturhistoriker befassen.

Die Geschichte der Technik erweiterte allerdings in letzter Zeit ihren Bereich; sie stieg tiefere Stufen der kulturellen Entwicklung hinab und gelangte über das Mittelalter und das Altertum bis in vorgeschichtliche Zeiten. Dort ergaben sich Anknüpfungen an noch heute lebende primitive Völker und von deren Techniken dann wieder aufsteigend, Beziehungen zu manchen einfachen Verfahren, die in unserem heutigen modernen Leben noch vielfach ausgeübt werden.

So gelangte man zu einer ganz allgemein gehaltenen „Geschichte der materiellen Kultur". Diese wird heute, wie schon hervorgehoben, zum Teil von einer Reihe von Vertretern anderer als technischer Disziplinen bearbeitet, und diese Disziplinen werden überdies nicht an Technischen Hochschulen, sondern ausschließlich an Universitäten gelehrt. Soll eine wechselseitige Befruchtung und soll, worauf bei den heutigen Zeiten besonders zu sehen wäre, ein möglichst hoher Wirkungsgrad wissenschaftlichen Betriebes erzielt werden, so müßte man trachten, einen innigen Kontakt und Gedankenaustausch bei diesen bisher vollkommen getrennten Fächern ehestens herbeizuführen.

[1]) „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie", Bd. 7, Berlin 1916, S. 169 u. f.

Von den erwähnten nicht zur Technohistorie gehörenden Disziplinen werden zwei verschiedene Forschungsmethoden angewendet. Entweder bearbeiten die Vertreter eines Gebietes die Kultur eines bestimmten Volkes, vielleicht auch noch auf einen begrenzten Zeitraum beschränkt, oder aber sie führen ihre Forschungen vergleichend durch, suchen wechselseitige Beziehungen und Beeinflussungen zu ergründen und trachten allgemeine Gesetze festzulegen.

Es fragt sich nun, ob die Technohistorie hier in dem ganz allgemeinen Rahmen einer Geschichte der materiellen Kultur etwas Neues zu bieten vermag. Man darf hierauf wohl mit ja antworten, denn durch die besondere geistige Einstellung des Technikers ist seine Art des Betrachtens von Problemen, des Aufsuchens von Zusammenhängen und auch seine Fragestellung oftmals ganz verschieden von der Forschungsweise der kulturhistorischen Disziplinen, selbst von denen, die, wie vielleicht die Völkerkunde ihm am ehesten nahe stehen.

Dabei muß noch eines hervorgehoben werden: Wohl beschäftigen sich die Kulturhistoriker schon seit einer Reihe von Jahren auch mit der Geschichte der materiellen Kultur, sie behandeln aber meistens nur die Technik derjenigen Zeiten und Völker, die einer ziemlich primitiven Stufe entspricht. Etwas technische Kenntnisse besitzt heute fast jeder unter den Gebildeten und so fiel es den Vertretern jener Fächer nicht allzu schwer z. B. die Technik der Eskimo, der alten amerikanischen Kulturvölker oder des alten Ägyptens darzustellen. Anders steht es aber schon mit einzelnen Gebieten der Technik von Griechen und Römern oder von Chinesen und Indern oder etwa gar von der der europäischen Renaissancezeit.

Während sich nun mit der Aufdeckung der oben durch Beispiele gekennzeichneten verhältnismäßig primitiven Gebiete eine genügende Anzahl von Forschern beschäftigen und der Technohistoriker im engeren Sinne die höhere Technik der letzten Jahrhunderte bearbeitet, fehlt es an Untersuchungen für die mittleren technischen Entwicklungsstufen. Gerade diese sind aber für eine Gesamtgeschichte der Technik unbedingt notwendig und es wäre zu wünschen, daß diese nicht ganz leichten Untersuchungen möglichst bald, vielleicht durch engeres Zusammenarbeiten von Technikern, Historikern und Ethnologen ausgeführt würden.

Eine allgemeine Geschichte der materiellen Kultur hat, wie schon an früherer Stelle hervorgehoben wurde[1]), zweierlei Arten von Untersuchungen durchzuführen: eine zeitliche und eine örtliche. Das Festhalten an dieser Unterscheidung erleichtert vielfach die Forschung; die Probleme erscheinen nämlich auf den ersten Blick weit weniger schwierig, als sie es in Wirklichkeit sind.

Behalten wir den Werdegang eines einzelnen technischen Gebildes im Auge, so haben wir dieses von seiner einfachsten bis zu seiner höchstentwickelten Form zu verfolgen. Meistens wird es sich dabei im Anfang um eine einzige primitive Gestaltung handeln, die sich später nicht nur immer komplizierter ausbildet, sondern sich in eine ganze Reihe von Spezialformen zergliedert, die nun zu einem Zeitpunkt nebeneinander in Gebrauch stehen. Hier herrscht eine große Ähnlichkeit mit der der Entwicklung organischer Lebewesen, und man hat es in den letzten Jahren versucht, ebenso wie bei diesen, Entwicklungsstammbäume von technischen Gebilden aufzustellen[2]). Damit sind aber die Probleme einer eingehenden technohistorischen Untersuchung noch keineswegs vollständig gelöst. Denn das, was festgestellt wurde, sind nur die Epochen des Auftauchens neuer Verbesserungen

[1]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 7, Berlin 1916, S. 169 u. f.

[2]) Vgl. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Berlin 1919, Nr. 63, S. 894.

und Konstruktionen und die Beziehungen dieser untereinander. Bei jedem technischen Gebilde einer bestimmten Entwicklungsstufe ist aber neben der Zeit seines Aufkommens auch die seiner Blüte und seines Verfalls zu beobachten. Der Volkskunde ist es längst geläufig, daß bei den oberen Vertretern einer Hochkultur bereits ausgestorbene Werkzeuge, Waffen und Verfahren im Leben der einfachen Volksschichten noch weiterhin ein oftmals recht lebhaftes, wenn auch verstecktes Dasein führen. Gerade solche sich häufig Jahrhunderte lang erhaltende Kümmerformen müssen jedoch auch in den Bereich der Untersuchung mit einbezogen werden, weil sie dem Historiker oftmals gewichtige Rückschlüsse gestatten.

Haben wir so in zeitlicher Beziehung neben dem Hintereinander von Entwicklungsstufen noch ein Nebeneinander von Formvarianten und ein Ineinander oder Übereinander von vorgeschritteneren und zurückgebliebeneren Typen während einer bestimmten Epoche zu unterscheiden, so erfordert die Untersuchung in örtlicher Beziehung das genaue Verbreitungsgebiet einer jeden Type während der aufeinanderfolgenden Zeiten festzustellen. Auf diese Weise gelangt man entsprechend dem Verfahren anderer Wissenszweige zu Verbreitungskarten. Sie können natürlich nur für größere Zeitintervalle angelegt werden und haben als Ergänzung zur Stammbaumdarstellung das Aufkommen einer Type an einem oder mehreren Orten, dann ihre Ausbreitung und schließlich ihr letztes Vorhandensein im Bereiche einiger Gebrauchsinseln zu zeigen. Auch hier werden die Probleme durch Berücksichtigung von vereinzelten Vorkommen, von allgemeiner Ingebrauchnahme und von Kümmerformen bei sozialen Unterschichten wieder schwieriger und verwirrter.



Abb. 1.
Meißel aus Neu-Seeland.
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 19

Würde eine Geschichte der materiellen Kultur den Vertretern der fremden Disziplinen einmal in dieser Weise vorgelegt, so könnte sie ihnen sicher außerordentliche Dienste erweisen, und man nähme sie freudig entgegen. Damit aber hätte sich die Technohistorie auch ihren bisher noch recht umstrittenen Platz in einer allgemeinen Kulturgeschichte erobert.

Heute sind wir freilich noch weit von der eben entwickelten umfassenden Darstellung entfernt, und auch die nachfolgenden Zeilen sollen keinesfalls auf eine derartige Durchführung Anspruch erheben, sondern höchstens zur Lösung dabei auftretender Probleme Anregung geben.

Abb. 1 zeigt uns, in welcher vollendeten Weise Werkzeuge auch bei steinzeitlichen Völkern ausgeführt werden können. Der Meißel stammt aus Neu-Seeland und rührt von einer der Cookschen Reisen aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts her. Aus dieser Zeit finden sich ethnologische Gegenstände der Südseegebiete in unseren Museen nicht allzu häufig; stoßen wir jedoch auf Werkzeuge und Geräte dieser Epoche, so zeigen sie meistens eine viel sorgfältigere und schönere Ausführung als solche aus späterer Zeit, wo der Einfluß der hochentwickelten europäischen Technik schon einen Niedergang der einheimischen Arbeitsweisen hervorgerufen hat. Auch prähistorische Gegenstände zeigen oftmals nicht das wirkliche Aussehen wie zur Zeit ihres Gebrauchs, weil sie meistens durch das lange Lagern in der Erde sehr

gelitten haben. Dies gilt besonders, wenn die Geräte nicht nur aus anorganischen, sondern auch aus organischen Substanzen bestehen.

Der abgebildete Meißel besteht aus Nephrit und ist in einer Holzfassung befestigt; seine Gesamtlänge beträgt 17 cm. Die Schneide wurde sehr sorgfältig zugeschliffen und die Fassung weist an ihrem oberen Ende eine äußerst wirkungsvolle Verdickung auf, die bei ihren Verfertigern fast ein technisch-ästhetisches Empfinden vermuten läßt.

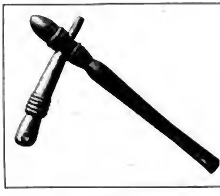


Abb. 2.
Axt mit verstellbarer Klinge (Neu-Guinea).
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 28089.

Abb. 2 stellt ebenfalls ein Werkzeug aus einer noch steinzeitlichen Kultur dar: es ist eine Axt aus Deutsch-Neuguinea. Die Sicherung der in Holz gefaßten Steinklinge geschieht durch Rotangringe. Bemerkenswert an diesem Geräte ist die Schäftung. Sie besteht nämlich aus zwei Teilen, wobei das die Klinge tragende Stück konische Ausbildung aufweist. Der eigentliche Griff ist oben durchbohrt und an dieser Stelle wieder durch Rotangringe gesichert. Durch diese Durchbohrung wird nun das kürzere Stück hindurchgesteckt. Soweit wäre diese Type noch nicht besonders bemerkenswert, denn Äxte mit Zwischenstücken zwischen der Klinge und dem eigentlichen Schaft finden sich zu vorgeschichtlicher Zeit auch in Europa. Ein solches Stück stammt z. B. aus dem Pfahlbau von Robenhausen. Bei der Neuguinea-Axt ist jedoch besonders der Umstand zu beachten, daß das Zwischenstück in der Bohrung des Griffes gedreht werden kann, wodurch das Gerät sowohl mit längs- als auch mit quergestellter Schneide zu benutzen ist. Äxte mit solchen drehbar gefaßten Klingen sind aus dem prähistorischen Europa bisher nicht nachgewiesen worden. Jedenfalls zeigt diese Type für die Technik einer primitiven Steinzeitkultur eine schon recht beträchtlich entwickelte erfinderische Begabung.

Die nächste Abb. 3 zeigt uns zwei Feilen oder besser Raspeln aus Tahiti, die ebenso wie der Meißel von Cook aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts herstammen. Die eigentliche Arbeitsfläche ist aus Rochenhaut gebildet; im übrigen besteht das Werkzeug aus Holz. Seine Form erinnert ein wenig an die einer modernen Eisenfeile, doch ist der Querschnitt an der unteren Arbeitskante scharf zulaufend. Oben am Rücken waren die beiden Teile der Rochenhaut durch eine Naht miteinander verbunden; Klebemittel wurden hierbei nicht angewandt. Die Bindung ist zwar heute nicht mehr erhalten, wohl aber die entlang den oberen Rändern der Rochenhaut befindlichen für die Naht dienenden Löcher. Die große Feile ist 33,5, die kleine 21,5 cm lang.

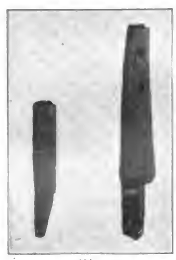


Abb. 3.
Feilen aus Tahiti.
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 114 u. 116.

An früherer Stelle[1]) wurde gezeigt, welch häufige Verwendung im Anfange der Keil erfährt. So wird er als „einfache Maschine" häufig bei primitiven Pressen benutzt und ersetzt dort die Schraube. Eine Verwendung als Befestigungseinrichtung zeigt Abb. 4. Wir sehen, wie hier der Beschwerstein des Grabstockes durch einen Befestigungskeil an seiner Stelle gehalten wird. Da die Buschmänner einer auch heute noch sehr primitiven protomorphen Rasse angehören, so ist die Verwendung dieser Einrichtung beachtenswert. — Der Grabstock bildet bei Völkern, die nicht bis zur Pflugkultur vorgeschritten sind, ursprünglich das wichtigste Ackergerät, das bei weiterer Entwicklung durch Hacke und Schaufel abgelöst wird.

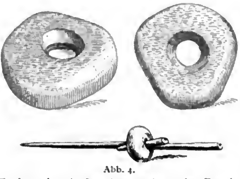


Abb. 4.
Grabstock mit Beschwersteinen der Buschmänner.
Aus: F. Ratzel „Völkerkunde", Leipzig und Wien 1865.

Über die Entstehung des Hobels wissen wir wenig. Zur Römerzeit findet sich dieses Werkzeug in einer Ausführung, die von der heutigen nicht mehr weit entfernt ist, und frühere Entwicklungsstufen fehlen. Wohl hat Forrer ein Werkzeug der älteren Steinzeit als Hobel gedeutet und seine Verwendungsmöglichkeit auf diese Weise auch durch Versuche erhärtet. Seine Auffassung wird jedoch vielfach bestritten, namentlich weil hobelähnliche Werkzeuge in späteren Epochen, auch schon in der jüngeren Steinzeit, nicht mehr vorkommen.

Abb. 5 zeigt uns einen eigenartigen Hobelschaber eines außereuropäischen noch in der Steinzeit lebenden Volkes. Er besteht aus einer Anadontamuschel. Die äußere Schale wird mit den Zähnen abgebissen, das Loch mit einer spitzigen Akurinuß hineingestoßen[2]). Der Hobel dient zum Glätten der Griffe von Steinbeilen und von Rudern. Links von diesem Hobel ist noch eine als Messer verwendete Muschel abgebildet.

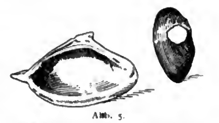


Abb. 5.
Muschelmesser und Muschelhobel der Bakairi.
Aus: Karl v. d. Steinen „Unter den Naturvölkern Zentralbrasiliens", Berlin 1897.

Eine ähnliche Hobelform darf man für das steinzeitliche Europa freilich nicht ohne weiteres annehmen, weil hier Werkzeuge aus Muscheln, selbst in den Kjökkenmöddingern, den ausgedehnten sich längs der Küsten hinziehenden Abfallhaufen, nur äußerst selten vorkommen.

Einen Hobel aus einem Hochkulturgebiete, der aber vom europäischen ziemlich abweicht, zeigen Abb. 6. und 7. Das Gehäuse ist aus dunkelbraunem Holze her-

[1]) „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie", Bd. 7, Berlin 1916, S. 181.

[2]) Der Gebrauch der Zähne als Werkzeug ist besonders zu beachten, weil diese Tatsache von den Prähistorikern und Ethnologen nur allzu häufig vernachlässigt wird. So ist die Möglichkeit des Vorangehens von Werkzeugen, die der Hauptsache nach aus Holz verfertigt sind, vor dem eigentlichen Auftreten der Steinwerkzeuge bezweifelt worden, „weil die Holzwerkzeuge nur mit Hilfe von Steinwerkzeugen hergestellt werden konnten". Für den Verfasser bildet es keinen Zweifel, daß die Schärfung und Zuspitzung von Holzwerkzeugen im Anfange größtenteils mit den Zähnen geschah.

gestellt und an der eigentlichen Hobelfläche konkav ausgebildet; das Werkzeug würde also einem Rundhobel entsprechen. Die Schneide des Messers zeigt aber eher eine konvexe Gestalt. Besonders merkwürdig ist jedoch, daß das Hobeleisen im Keilloch zwei verschiedene, durch Einkerbungen im Gehäuse bestimmte Lagen einnehmen kann. Diese beiden Lagen ergeben auch einen etwas verschiedenen Neigungswinkel für das Eisen; wesentlicher scheint jedoch zu sein, daß das Hobeleisen, das nur etwa die halbe Breite des Hobelgehäuses besitzt, seitlich verschoben werden kann. Der Keil wird, wie man sieht, von der Seite her eingetrieben.



Abb. 6.
Hobel aus Ceylon.
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 26820.

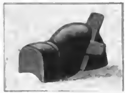


Abb. 7.
Hobel aus Ceylon.
(Vorderansicht.)

An früherer Stelle wurde auch auf die Verwendung von eigenartigen Schraubenradübersetzungen im indischen Kulturkreise hingewiesen[1]). Hier sei nun mit Abb. 8 eine Zuckerrohrpresse aus Sumatra wiedergegeben, die ebenfalls diese ungewöhnliche Schraubenkonstruktion aufweist. Die Presse selbst erreicht eine ziemliche Größe, sie ist etwa 140 cm hoch. Die vier unten zugespitzten Eckstangen werden in den Boden geschlagen. Oben durch die Verlängerung des einen Zylinders ist ein langes Querholz gesteckt (das bei dem abgebildeten Modell stark verkürzt ist); dieses Querholz dreht man bei Betätigung der Presse im Kreise herum. Das Zuckerrohr selbst wird durch die zwei unterhalb der Schraubenradübersetzung befindlichen geriffelten Walzen hindurchgezogen. Eigenartig wirkt die Verfestigung des Gerüstes durch die beiden um den oberen und unteren Balken geschlungenen und in der Mitte durch einen Knebel gespannten Rotangstreifen, wir finden nämlich hier den Anfang einer primitiven Diagonalverspreizung.

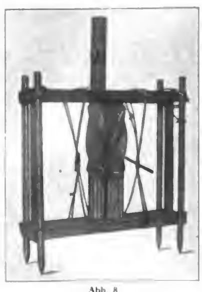


Abb. 8.
Zuckerpresse aus Sumatra.
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 30471.

Abb. 9 und 10 zeigen einen Zylinderblasebalg aus den Laosländern in Hinterindien. Besonders lehrreich ist es, bei dieser primitiven Ausführungsform Einzelheiten von Maschinenelementen anzutreffen, die wir sonst nur bei hochentwickelter Technik zu finden gewohnt sind. Der Zylinder besteht aus einem Bambusstück, und zwar bildet der natürliche Knotenboden den rechten Abschluß (bei Abb. 9); links wird ein durchbohrter Deckel aus Holz eingesetzt, der rechts bei Abb. 10 von der Innenseite zu sehen ist. Sowohl er, als auch der Knotenboden besitzen zwei kurze, durch einen schmalen Steg voneinander getrennte Schlitze, hinter denen im Innern ein Stückchen steifes Papier mit zwei Messingstiften befestigt ist: das Ganze bildet ein Klappenventil (Abb. 11).

[1]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 7, Berlin 1916, S. 178, Abb. 8 u. 9.

In die Öffnung des Zylinderdeckels, durch die die Kolbenstange hindurchgeht, hat man ein kurzes Führungsstück eingesetzt; außerdem erfolgt die Dichtung durch einige kleine Stückchen gewebten Zeuges. Der Kolben dagegen, der in der Mitte von Abb. 10 samt Kolbenstange dargestellt ist, zeigt eine ganz ungewöhnliche Dichtungsart, nämlich mittels Vogelfedern. Diese Federn liegen tangential zur Kolbenperipherie und stellen sich, wenn der Kolben herausgenommen wird, etwas auf. Das Einbringen des letzteren in den Zylinder geschieht durch schraubenförmiges Hineindrehen. Die Federn werden am Kolben mittels einer Schnur befestigt; er ist deshalb an seiner Peripherie mehrfach durchbohrt, und die Schnur wird nun einerseits durch die Löcher gezogen, andererseits außen um den Kolben herumgeführt, wobei sie die Kielenden der Federn fest umfaßt. Der Kolben ist aus Holz, die Kolbenstange aus Bambus verfertigt.

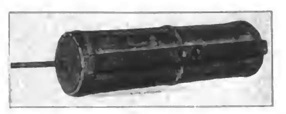


Abb. 9.
Blasebalg der Laos. (Hinterindien.)
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 80683.

Oben am Zylinder ist ein (bei Abb. 9 vorn liegendes) Holzstück befestigt, indem es an ihn angekittet und außerdem durch drei Bänder aus gesplissenem Rohr gehalten wird. Das Holzstück ist hohl und besitzt in der Mitte zwei durch einen Steg getrennte Öffnungen nach außen und an den Enden zwei Öffnungen nach innen, letztere zur Herstellung einer Verbindung mit dem Zylinderinnern. Von den mittleren Öffnungen wird dann der Luftstrom zur Arbeitsstelle weitergeleitet.

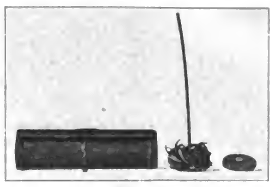


Abb. 10.
Zylinder des Laos-Blasebalges.

Solche oder ähnliche Kolbenblasbälge finden sich im östlichen und südöstlichen Asien häufig. Merkwürdig ist es, daß diese Geräte in Ostasien gewöhnlich quadratisch ausgeführt werden; in den südöstlichen Ländern sind sie dagegen meistens zylindrisch gestaltet. Sie kommen vor allem bei den malaiischen Stämmen, und zwar nicht nur in der eben geschilderten komplizierten, sondern auch in ganz einfacher Ausführung vor. Es ist nun die Frage aufgeworfen worden, wie diese teilweise eine noch recht einfache Technik aufweisenden Stämme zu einer solchen Konstruktion gelangt sind, und es wurde darauf hingewiesen, daß in diesen Gebieten auch das Blasrohr und das pneumatische Feuerzeug stark verbreitet ist. Das Blasrohr stellt eine Waffe dar, bei der ein leichter, mit einem kleinen Dichtungskolben versehener Pfeil aus einem langen Rohr herausgeblasen wird. Wir haben es also hier zum ersten Male in der Waffentechnik mit der Anwendung von gespannten Gasen als Treibmittel zu tun.

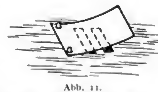


Abb. 11.
Klappenventil zum Blasebalg.

Die Arbeitsweise des pneumatischen Feuerzeuges beruht ebenfalls auf der Wirkung komprimierten Gases, nur daß die Verwertung der starken Erwärmung bei Kompression

einen viel höheren Grad von physikalischer Einsicht verlangt. Es ist noch nicht ausgemacht, ob diese pneumatischen Feuerzeuge in jenen Gebieten wirklich ursprünglich sind; jedenfalls weisen sie dort eine starke Verbreitung auf. Abb. 12 zeigt ein solches Feuerzeug von Luzon (Philippinen). Der Zylinder ist aus Horn verfertigt und etwa 8 cm lang. Der darüber abgebildete Stempel besteht aus Holz; seine Höhe beträgt ungefähr 14 cm. Die Dichtung des Stempels erfolgt durch einige herumgewickelte Fäden. Am untersten Ende ist der Stempel ausgehöhlt und in der Höhlung ein Stückchen Baumwollzunder befestigt. Daneben befindet sich ein Zundervorrat, der in einem beiderseits offenen Bambusstück steckt.

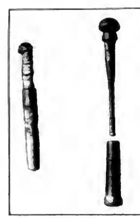


Abb. 12.
Pneumatisches Feuerzeug aus Luzon (Philippinen).
Naturhistor. Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 30913.

Die nächste Abb. 13 zeigt die Lösung eines kinematischen Problems, nämlich das eines Gesperres aus einem technisch bereits ziemlich vorgeschrittenen Kulturkreise. Das Stück ist ein Vorhängeschloß und stammt aus dem nördlichen Kleinasien. Der bei Abb. 13 in der Mitte wiedergegebene zylindrische Hohlkörper des eisernen Schlosses besitzt vorn drei Öffnungen. In diese drei Öffnungen wird das links befindliche Stück eingeführt, wobei die Sperrung des Schlosses dann, wenn die Einführung vollkommen geschehen ist, selbsttätig erfolgt. An dem linken Stück befinden sich nämlich drei eingenietete eiserne Bolzen, an deren äußeren Enden je zwei Federn befestigt sind. Diese Federn werden beim Einführen in den zylindrischen Hohlkörper durch die Ränder der Öffnungen zusammengedrückt. Da die Länge der Federn etwas kürzer als die der Eisenbolzen ist, so springen sie, wenn diese vollständig eingeführt sind, auseinander und verhindern auf diese Weise ein Lösen des Schlosses. Der Schlüssel (in Abb. 13 rechts dargestellt) besteht im wesentlichen aus einer Vorrichtung, die von der Rückseite in den hohlen Zylinderkörper eingeführt, die Federn zusammenpreßt und dadurch dann ein Lösen des Schlosses gestattet. Das Verbreitungsgebiet solcher Schlösser ist sehr ausgedehnt. Sie finden sich im östlichen und südöstlichen Asien und können von dort aus bis nach Schweden und Marokko verfolgt werden.



Abb. 13.
Vexierschloß (Kleinasien).
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung Signatur 20391.

Das hier abgebildete Schloß aus Kleinasien zeigt nun eine von der eben geschilderten normalen Type etwas abweichende Bauform, die dazu dient, das Öffnen des Schlosses möglichst zu erschweren. Bei diesem Vexierschlosse sind nämlich statt der drei Flügel, die den drei Öffnungen an der Vorderseite des Hohlzylinders entsprechen, vier solche vorhanden, wobei diese schraubenförmig angeordnet sind; ebenso ist die Einführungsöffnung hinten am Hohlkörper schraubenförmig gestaltet (Abb. 14). Der Schlüssel wird also erst durch schraubenförmiges Drehen in den Hohlkörper eingeführt, worauf dann durch Vorstoßen das Öffnen erfolgt. Damit die vier Flügel genau in die Zwischenräume zwischen den Federn hinein-

passen, ist der vierte Flügel so geformt, daß er sich in der Vorderansicht mit dem ersten fast vollkommen deckt. Auf Abb. 13 befinden sich diese beiden Flügel oben.

Ein Beitrag zur Geschichte des Beleuchtungswesens ist in diesen Jahrbüchern bisher nur einmal gebracht worden[1]). Dort handelte es sich aber lediglich um die Beleuchtung von Bergwerksräumen; allerdings stimmen die dabei gezeigten Typen teilweise auch mit denen, die zur Beleuchtung obertags verwendet werden, überein.

Im folgenden soll keineswegs ein auch nur annähernd erschöpfendes Bild der Beleuchtungsmittel der verschiedenen Völker gegeben werden, sondern einige Beispiele und Hinweise auf einzelne beachtenswerte Tatsachen mögen genügen.

Die einfachste und ursprünglichste Beleuchtungsart bildet sicher das Herdfeuer. Weil dieses aber vorwiegend anderen Zwecken dient, so sei hier nicht näher darauf eingegangen. Ein brennendes Holzstück aus dem Herdfeuer herausgerissen und in der Hand gehalten, kann für einige Zeit gut als Lichtquelle dienen. Eigens für Beleuchtungszwecke hergerichtet entsteht daraus der Leuchtspan. Natürlich findet er nur dort Verwendung, wo Holz in genügender Menge vorhanden und billig zu erhalten ist, und wo zugleich andere Beleuchtungsmittel noch nicht häufig genug üblich sind.



Abb. 14. Schlüsselloch des Vexierschlosses.

Auch eine genaue Zusammenstellung aller Völker, die den Leuchtspan benutzen, und eventuelle Angaben von chronologischen Daten für die Erwähnung des Leuchtspanes können und sollen hier nicht gebracht werden. Wir begnügen uns mit zwei Beispielen.

In einer Beschreibung des Klosters Sök-oan-sa in Korea heißt es: „Im roten Glanze der brennenden Kienholzscheite zogen weiße und gelbe Gestalten vorüber"[2]). Andererseits wird berichtet, daß die Azteken, das hervorragende nordamerikanische Kulturvolk zu vorkolumbischer Zeit, ebenfalls Leuchtspäne benutzten und zwar entweder aus Tannenholz oder aus Kaktusstengeln[3]).

Eine Weiterentwicklung des Leuchtspanes bildet die Fackel. Vielfach wird ein Bündel derartiger Späne so bezeichnet; die eigentliche Fackel besteht jedoch außer aus Spänen, Fasern oder einem ähnlichen Material noch aus einem Zusatz von Harz oder Wachs. Auch dieses Beleuchtungsmittel wurde in Korea vielfach verwendet, und zwar war es dort aus Reisholz hergestellt[4]). In Japan stehen Bambusfackeln schon seit altersher im Gebrauch. Die größeren sollen etwa eine Stunde lang brennen[5]). Im südlichen Hinterindien, sowie bei den malaiischen Stämmen spielt das Dammarharz bei der Bereitung von Fackeln eine große Rolle. So wird über die Herstellung solcher Gegenstände aus Siam berichtet, daß das Dammarharz aus den umgehauenen Bäumen durch ein darunter angezündetes Feuer zum ausfließen gebracht und dann in einer Höhlung gesammelt wird. Man schüttet nun verfaultes Holz hinein und läßt das Ganze bis zum Verdicken stehen; darauf-

---

[1]) Siehe Bd. 8. S. 168 ff.
[2]) W. Sieroszewsky, „Korea", Berlin 1906, S. 27.
[3]) Ratzel, „Völkerkunde" Bd 1. Leipzig und Wien 1895. S. 607.
[4]) M. A. Pogio, „Korea", Wien und Leipzig 1895. S. 201.
[5]) Hans Spörry, „Die Verwendung des Bambus in Japan", Zürich 1903. S. 127 u. 128.

hin wird die Masse in Blätter stengelförmig eingerollt, mit Rinde umgeben und mit Rotang umschnürt[1]).

Von den Philippinen hören wir, daß ein Bambusstück oben in Streifen geschnitten, diese dann etwas auseinandergebogen und durchflochten werden. So entsteht eine Art konischen Behälters mit einem langen Stiel. In den Behälter wird dann das Harz eingefüllt. Die Vorrichtung findet als Signalfackel Verwendung[2]). Bei den Botokuden, einem Indianerstamme, der die Urwälder des ostbrasilianischen Küstengebirges bewohnt, werden Fackeln benutzt, die aus Pflanzenfasern und schwarzem Bienenwachs verfertigt sind (siehe Abb. 15 links). Ähnliche Fackeln aus Baumwolle und Harz verwenden die Motilon-Indianer in Kolumbien; sie sollen mehrere Stunden lang mit klarem Scheine brennen[3]).



Abb. 15.
Fackel der Botokuden (Brasilien) und Kerzenfackel aus Mindanao (Philippinen).
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Signatur 42126 u. 719.

Auf die Entwicklung der Kerze aus der Fackel soll hier nicht weiter eingegangen werden, und es sei nur eine Type erwähnt, die einen Übergang von der Fackel zur Kerze bildet. Abb. 15 rechts zeigt einen Beleuchtungskörper, wie er auf den Philippinen vorkommt. Er besteht aus den ölhaltigen Samen von Aleurites triloba, die auf einer Palmblattrippe aufgereiht sind. Beim Brennen entzündet sich eine Nuß an der anderen; das Licht soll schön und hell und die Brenndauer beträchtlich sein. Solche Kerzenfackeln kommen auch in Ozeanien vor.

Der Lichtspender, der die höchste Entwicklung durchgemacht hat, ist die Lampe. Sie besteht aus drei wesentlichen Teilen: dem Brennstoff, dem Brennstoffbehälter und dem Docht. Für alle drei Bestandteile gelangen bei verschiedenen Völkern die mannigfaltigsten Materialien zur Anwendung. So benutzen einige Polarvölker, wie Tschuktschen, Itälmen und Korjäken, Schalen aus Tuff, Holz, Schiefer, Walfischknochen oder schlecht gebranntem Lehm; als Brennstoff wird Tran und das Fett von Seesäugetieren verwendet. Die Eskimo verfertigen die Lampe gewöhnlich aus Speckstein, den Brennstoff bildet Tran, und der Docht wird aus einem Moosbüschel hergestellt[4]). Erwähnenswert ist, daß die Polarvölker diese Tranlampen auch zum Heizen und Kochen statt eines Herdes benutzen.

Die Lampe der Chinesen besteht aus Ton oder Metall und wird häufig auf ein Gestell gesetzt. Man brennt das fette, dicke Öl aus dem Samen von Stillingia sebifera[5]) und gelegentlich auch Petroleum[6]). Dieses ist, ebenso wie in Japan, sicher auch in China schon seit langer Zeit, wenn auch nur gelegentlich, benutzt worden. Die Lampendochte werden aus einem besonderen Pflanzenmark Ten-sin-ts'ao „Lampenherzgras" hergestellt. Es sind eigentümliche, fadenartige Dochte, die in

[1]) Dr. Adolf Bastian, „Reisen in Siam", Jena 1867. S. 25.
[2]) F. Jagor, „Reisen in den Philippinen", Berlin 1873. S. 37.
[3]) Gustav Bolinder, „Einiges über die Motilon-Indianer der Sierra de Perija", Zeitschrift für Ethnologie, Bd. 49. Berlin 1917. S. 36.
[4]) Dr. A. Byhan, „Die Polarvölker", Leipzig 1909. S. 63.
[5]) Dr. Adolf Bastian, „Reisen i. China", Jena 1871. S. 398.
[6]) Breton, „La Chine en miniature", Bd. 4, Paris 1811. S. 180.

ganz China sehr verbreitet sind und in großer Menge verbraucht werden. Die Pflanze ist eine lange Binse, die im Winter auf den Reisfeldern kultiviert wird[1]).

In Korea benutzt man ein Pflanzenöl und dazu Dochte aus Papier[2]), in Japan ebenfalls Pflanzenöle, wie Raps- oder Rübsamenöl, gelegentlich aber auch ein Fischöl, das aus verschiedenen Heringsarten gewonnen wird[3]). Der Docht besteht aus Baumwolle. Petroleum war schon in alter Zeit bekannt. Eine genaue Angabe bietet hier das älteste japanische Quellenwerk das „Nihongi". Es heißt dort, daß im Jahre 668 n. Chr. Leute aus der Provinz Koshi dem Kaiser brennbare Erde und brennbares Wasser überreichten[4]). Petroleum zur Beleuchtung wird auch in Birma (Hinterindien) allgemein benutzt, wo es in primitiver Weise aus Erdölbrunnen geschöpft und in den Städten von Straßenhändlern verkauft wird[5]).

Merkwürdig ist es, daß in ganz Ostasien die Lampe fast nur als offene Schale vorkommt, was jedenfalls einer äußerst primitiven Form entspricht. Die Anordnung im einzelnen ist dabei meistens so getroffen, daß der Docht an beiden Enden etwas über die flache Schale hinausragt. In der Mitte ist er durch einen kleinen eisernen Ring oder durch eine kleine Scheibe, die einen stehenden Griff zum Anfassen besitzt, beschwert, damit er nicht auf der Brennflüssigkeit schwimme. Das eine Ende des Dochtes wird angezündet, das andere dient für den Nachschub. Lampen, die einen Deckel mit Ausschnitten für die hervorragenden Dochtenden besitzen, kommen selten vor[6]).

Diese Beschreibung japanischer Lampen gilt ungefähr für alle besser ausgeführten Modelle des östlichen Asiens. Kommen Deckel, wie eben erwähnt, nur spärlich vor, so fehlt die ganz geschlossene Form fast vollständig. Diese geschlossene Form, die mindestens zwei Öffnungen: eine Einfüllöffnung für das Brennmaterial und eine oder mehrere Tüllen für Dochte enthält, tritt im Mittelmeerkulturkreis in klassischer Zeit auf und ist allgemein unter dem Namen „römische Lampe" bekannt.

Soll eine Lampe transportabel sein, so ist die geschlossene Form oder zu mindestens ein Lampendeckel erforderlich. Im östlichen Asien werden solche Lampen nur zur Bergwerksbeleuchtung benutzt; hier muß die Lampe nämlich eine gefahrlose Ortsveränderung erlauben. Die geschlossene Form bietet aber auch im Haushalte bedeutende Vorteile, und daß man im ganzen östlichen Asien bei der offenen stehen blieb, ist jedenfalls sehr merkwürdig.

Wie die geschlossene Form aus der offenen entstanden sein kann, zeigen uns die drei Lampen von Abb. 16. Der linke Beleuchtungskörper läßt erkennen, wie bei der offenen Lampe der Rand, auf dem der brennende Docht aufliegt, schnabelartig zusammengedrückt wurde, damit der Docht einen besseren Halt bekommt. Die so einander genäherten Ränder vereinigen sich dann, wie die mittlere Lampe zeigt, und es entsteht auf diese Weise ein vollkommen geschlossener Körper, an den sich der noch immer offene Schnabel anschließt. Dieser offene Schnabel verkleinert sich immer mehr (die Lampe rechts) und es bilden sich endlich nur zwei Öffnungen: die eine zum Einfüllen, die andere für den Docht aus. Solche vollständig ge-

[1]) v. Richthofens Tagebücher aus China, Bd. 2, Berlin 1907. S. 294.

[2]) M. A. Pogio, „Korea", Wien und Leipzig 1895. S. 201 u. 224.

[3]) J. Rein, „Japan", Bd. 2. Leipzig 1886. S. 176.

[4]) Dr. Karl Florenz, „Nihongi", 3. Teil, Tokyo 1895. Buch 27, S. 25. Der Übersetzer bemerkt, daß brennbares Wasser Petroleum bedeute und daß zahlreiche Petroleumquellen heute in der Provinz Echigo, einem Teile der ehemaligen Provinz Koshi, im Betriebe stünden, wo das Erdöl seit altersher unter dem Namen Kusa-midzu bekannt ist.

[5]) Bastian, „Reisen in Birma", Leipzig 1866. S. 66.

[6]) Dr. Justus Brinckmann, „Kunst und Handwerk in Japan", Bd. 1, Berlin 1889, S. 100.

schlossene Lampen finden sich, wie früher erwähnt, in klassischer Zeit allgemein, ihre Entstehung scheinen sie aber in Babylon zu haben. Die Lampe bildet dort nämlich das Emblem des Gottes Nusku; dadurch ist eine große Anzahl von Darstellungen solcher Lampen auf Skulpturen auf uns gekommen. Sie zeigen bereits in der Mitte des zweiten Jahrtausends v. Chr. die geschlossene Form[1]).

Zwei beachtenswerte Angaben über Beleuchtungswesen in China sollen noch erwähnt werden. Die eine betrifft eine Grubenleuchte, die in Kohlenbergwerken bei Gefahr von schlagenden Wettern als Sicherheitslampe Verwendung findet. Es heißt darüber nach einem Briefe des Missionars Imbert: „Die Bergleute erleuchten sich den Weg mit einer Masse aus Holzpulver und Harz, die brennt ohne eine Flamme zu geben und nicht auslöscht"[2]). Was damit gemeint ist, bleibt rätselhaft, und dem Verfasser gelang es bisher nicht, nähere Angaben hierüber zu erhalten.



Abb. 16.
Lampen aus Russisch-Turkistan.
Naturhistorisches Museum zu Wien, Ethnographische Sammlung. Die mittlere: Signatur 37746, die beiden anderen vorläufig ohne Signatur.

Die zweite Tatsache besteht in der Verwendung von Erdgas zu Beleuchtungszwecken. Solches Erdgas findet sich in China häufig in Salzbrunnen, wenn sie genügend tief gebohrt sind. Das Gas wird vor allem unter den Sudpfannen zum Eindampfen der Sole verbrannt, es dient aber auch zur Beleuchtung. Über dem Mundloch des „Feuerbrunnens" ist eine fest einzementierte hölzerne Klappe angebracht, von der das Gas durch mehrere Reihen von runden Löchern in einige, sich mehrfach verzweigende Leitungen aus Bambusrohr strömt. Der Brenner besteht aus einem eisernen Mundstück[3]). Das Gas dient vor allem zur Beleuchtung der Sudräume, aber auch zur Erhellung der großen Werkschuppen und Straßen. Es wird darüber noch berichtet, daß Gaukler das Gas in Blasen gefüllt mit sich herumführen; sie machen dann ein Loch mit einer Nadel hinein und zünden das Gas an, um die Leute zu belustigen[4]). Auch in Japan finden sich solche Erdgasleuchten, dort „Fuchsfeuer" genannt, gelegentlich vor[5]).

In China ist die Hauptgegend für das Vorkommen der Feuerbrunnen die Provinz Szech'uan. Diese liegt ganz im Westen, ist sehr gebirgig, wenig zugänglich und in ihrem ganzen Kulturbilde recht ursprünglich. Man kann daher wohl annehmen, daß sich dort die Beleuchtung und Heizung durch Erdgas unabhängig von europäischen Einflüssen entwickelt hat, und es wäre eine dankbare Aufgabe für völkerkundliche oder technische Museen, die bei der Fassung und Verbrennung des Gases verwendeten einfachen Armaturen, Leitungen und Brenner zu erwerben; denn diese kulturhistorisch äußerst wertvollen Gegenstände dürften in kurzem für immer verschwunden sein.

[1]) Eine große Reihe solcher Lampen findet sich beispielsweise in dem Buche von Hinke: „A new boundary stone of Nebuchadrezzar I. from Nippur". Philadelphia 1907.

[2]) Huc, „Das chinesische Reich", Tl. I, Leipzig 1856. S. 170.

[3]) F. v. Richthofen, „China", Berlin 1877—1912. Bd. 3, S. 244.

[4]) Huc, „Das chinesische Reich", Tl. I, Leipzig 1856. S. 171.

[5]) Dr. Justus Brinckmann, „Kunst und Handwerk in Japan", Bd. 1, Berlin 1889. S. 254.

Georg Egestorff.

Von

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr.-Ing. Alwin Nachtweh, Hannover.

Bei dem Bestreben, ein möglichst klares Bild über Georg Egestorff, den man den „Schöpfer der Hannoverschen Maschinenindustrie" nennen könnte, zu geben, wird es zweckmäßig sein, einiges über das Leben seines Vaters vorauszuschicken.

Georg Egestorffs Vater mit Namen Johann war an sich ein merkwürdiger Mann. Am 22. Oktober 1772 ist er in dem Dorfe Lohnde bei Hannover als Sohn eines armen Fischers geboren. Die Mittellosigkeit seiner Eltern, sowie der zu jener Zeit wohl noch äußerst mangelhafte Volksschulunterricht waren die Ursache, daß Johann Egestorff nicht viel vom Lesen, Schreiben und Rechnen erlernte; ja hinsichtlich des Schreibens sich erst in späteren Jahren soweit vervollkommnete, daß er, wie berichtet wurde, als seine Namensunterschrift sich einige Schriftzeichen aneignete, die er vorkommenden Falles nicht ohne Mühe zu geben pflegte, und die sich wohl bei einiger Phantasie als „Johann Egestorff" entziffern ließen. Ungleich bessere Kenntnisse hatte Johann Egestorff im Rechnen, wozu er mit natürlichen Anlagen besonders ausgestattet schien.

Johann Egestorff hatte das Böttcherhandwerk zu seinem Lebensberufe erwählt, und so finden wir ihn als Gesellen bei einem ehrsamen Böttchermeister namens Kniep in der Stadt Hannover. Dieser Böttcher hatte mit einem Manne namens Stuckenbrock, welcher sich mit Kalkbrennen aus den Kalksteinlagern des Lindener Berges unmittelbar vor Hannover beschäftigte, ein Vertragsverhältnis, wonach er dem Kalkbrenner die erforderlichen Tonnen zum Verpacken des gebrannten Kalkes zu liefern und dieselben auch zum Zwecke der Versendung zuzuschlagen hatte. Dieses letztere Geschäft wurde dem jungen Johann Egestorff übertragen, so daß er auf diese Weise durch seinen häufigen Aufenthalt auf dem Kalkwerke Gelegenheit bekam, die ganze Herstellungsweise des Kalkes kennen zu lernen, aber auch gleichzeitig mit den Verhältnissen des Absatzes des Kalkes vertraut wurde.

Stuckenbrocks Tätigkeit in der Richtung des Absatzes des Kalkes war leider nicht mit gutem Erfolge gekrönt. Die nötigen Geldmittel fingen bald an zu fehlen, so daß er sich gezwungen sah, die Kalkbrennerei niederzulegen.

Mit scharfem Blicke hatte inzwischen Johann Egestorff, dessen Neigung für den Industriezweig der Kalkbrennerei zugenommen hatte, die Schwächen des unrentablen Betriebes erkannt, so daß er, ungeachtet des Stuckenbrockschen Mißerfolges, beschloß, das Kalkgeschäft auf eigene Rechnung zu übernehmen. Sehr bald fand der damals noch völlig Mittellose Leute, die ihm kleine Vorschüsse gaben, deren reelle und prompte Rückzahlung ihm immer mehr Vertrauen verschaffte. Johann Egestorff entwickelte infolge natürlicher Begabung zur Organisation sehr

bald eine rastlose Tätigkeit, kam mit einigem Glück und einer gewissen Originalität seines Wesens über kleinere und größere Schwierigkeiten hinweg, so daß das Geschäft von Tag zu Tag größere Ausdehnung gewann und auch die finanziellen Verhältnisse sich im gleichen Maße günstiger gestalteten.

Ganz unwillkürlich wurde bei dem zunehmenden Umfange seines Geschäftes Johann Eggestorff, der bei den Bauern des Landes wohl stets der alte „Kalkjohann" genannt wurde[1]), auf die Frage hingestoßen, ob ein wichtiger Faktor seines Geschäftes, das Brennmaterial, in ausgiebigen Mengen zu entsprechenden



Johann Egestorff
geb. 1772, gest. 1834.

Preisen zu beschaffen sei. Seine Gedanken führten ihn auf die Steinkohlenlager des nahen Deisters, jenes niedrigen Gebirgszuges, der sich im Südwesten von Hannover hinzieht. Die dortigen Steinkohlenflöze waren damals noch nicht abgebaut, weil einerseits in der an sich holzreichen Gegend das Holz als Brennmaterial bevorzugt wurde, und weil andererseits die Verkehrswege vom Deister nach den Industriepunkten in außerordentlich schlechtem Zustande waren. Egestorff war daher darauf bedacht, diese schwarzen Schätze der Erde ans Tageslicht zu bringen und für seine Unternehmungen nutzbar zu machen. Mit einem Edelmanne, welchem die Ausbeutung einiger Kohlenfelder im Deister durch den Kurfürsten Ernst August rechtlich zugesprochen war, schloß er einen Vertrag ab, wonach ihm die Möglichkeit eröffnet wurde, auf diesen Kohlenfeldern Bergbau zu betreiben und

[1]) Vgl. Linden und die Egestorffs, Hanomag-Nachrichten, Hannover, Jahrg. 1, Heft 1, S. 1.

die gewonnenen Kohlen zum Brennen des Kalkes auf dem Lindener Berge bei Hannover zu verwenden (Abb. 1). Egestorffs Bemühungen zielten nunmehr auch darauf hin, die Verkehrswege vom Gebirge bis an die von Hannover nach Hameln führende große Heerstraße zu verbessern, wodurch er gleichzeitig dem Absatze des Kalkes ein größeres Gebiet eröffnete. Namentlich in der ganz kalkarmen Ebene, welche sich nördlich von Hannover bis an die Küste der Nordsee erstreckt, fand er ein bedeutendes Absatzgebiet seines Erzeugnisses. Hierbei wußte er auch die Wasserstraßen der Leine, Aller und Weser vorteilhaft auszunutzen. Je günstiger



Abb. 1.
Das Kalkbrenner-Haus Johann Egestorff's in Linden (1800).

sich die Verhältnisse des Kalkgeschäftes gestalteten, um so lebhafter regte sich der angeborene Unternehmungsgeist des merkwürdigen Mannes und zwang ihn, auch anderen Industriezweigen sein Augenmerk zu schenken. Dies geschah zunächst mit solchen Unternehmungen, die mit seinem Betriebe in gewissem Zusammenhange standen. Er erkannte, daß die reichen Tonlager des nahen Tales des Leineflusses ein geeignetes Material zur Ziegelherstellung lieferten und daß sie einer lohnenden Ausbeutung fähig seien, weil ihm einerseits ein billiges Brennmaterial in reichlicher Menge zur Verfügung stand und andrerseits die Absatzgebiete für Ziegelwaren in der Nähe der in Erweiterung begriffenen Stadt, wegen der steigenden Holzpreise, sehr günstig waren. So finden wir Johann Egestorff neben seiner Kalkbrennerei sehr bald im Besitze einer Ziegelei. Dann erwarb er Steinbrüche, deren Material zwar zur Herstellung von Kalk ungeeignet war, wohl aber zur Fundierung von Gebäuden dienen konnte.

Je größer die Ausdehnung seines Geschäftes wurde, desto mehr empfand Johann Egestorff das Fehlen einer besseren Schulbildung, da er nicht in der Lage war, die mit seinem Geschäftsbetriebe unmittelbar verbundenen schriftlichen Arbeiten selbst zu besorgen. Wenngleich sein bedeutendes Gedächtnis hierin zunächst auszugleichen schien, so wurde doch bald der Mangel jeglicher Buchführung



Georg Egestorff.
geb. 1802, gest. 1868.

zu groß, und Johann Egestorff fühlte in dieser Richtung das Bedürfnis, sich nach einer geeigneten Hilfe umzusehen. Der begreifliche Abscheu, sich mit fremden Personen behelfen zu müssen, richtete daher sehr bald sein Augenmerk auf seinen eigenen Sohn Georg, auf dessen Lebensbeschreibung nunmehr eingegangen werden soll.

Georg Egestorff war am 7. Februar 1802 zu Linden geboren. Seine Gesundheit ließ in den ersten Jahren seines Lebens viel zu wünschen übrig. Mancherlei

Krankheiten und insbesondere ein hartnäckiges Augenleiden verhinderten ihn, die Schule regelmäßig zu besuchen, obwohl er zwecks Ausbildung in der Schule zu einer in der Stadt Hannover wohnenden Tante gegeben worden war. So ist auch bei Georg Egestorff gleich seinem Vater die Ausbildung in der Schule stark vernachlässigt worden. Erst als der Vater in bessere Verhältnisse kam, bemühte er sich, die Ausbildung des kleinen Georg möglichst zu verbessern und gab ihn zu einem Geistlichen in Pension. Die Menge des Nachzuholenden war jedoch zu groß und stand nicht im Verhältnis zu der hierfür in Aussicht genommenen Zeit, so daß Georg Egestorff im Alter von $14^1/_2$ Jahren, nach seiner inzwischen erfolgten Konfirmation, mit kaum mehr als dem alltäglichen Wissen in die Welt hinaustrat,



Abb. 2.
Die Eisengießerei und Maschinenfabrik Georg Egestorff's um 1840.

um sich für seinen Lebensberuf auszubilden. Als solchen wählte er gleich seinem Vater das Böttcherhandwerk, wozu insbesondere der Vater im Interesse seines Kalkgeschäftes geraten hatte, damit sein Sohn recht bald das Meisterrecht als Böttcher in Hannover erwerben sollte, um so das Geschäft von den wenigen Böttchermeistern der Stadt, die ihren Vorteil stark wahrzunehmen verstanden, unabhängig zu machen.

In der Mitte des Jahres 1816 wanderte Georg Egestorff nach Hildesheim, wo er bei dem Böttchermeister Evers in die Lehre trat. Die Vorsehung schien jedoch Georg Egestorff zu anderen Dingen ausersehen zu haben, so daß er schon nach $1^1/_2$ Jahren seine Böttcherlehrlingslaufbahn in Hildesheim aufgab, um als Schreibhilfe in das väterliche Geschäft einzutreten. Der damals 16jährige Georg Egestorff begann nun sehr bald organisatorisch in das Geschäft seines Vaters einzugreifen. Mit eiserner Willenskraft und rastloser Tätigkeit, unterstützt durch sein großes Organisationstalent und einen seltenen Scharfblick, wußte er alle entgegenstehenden Hindernisse zu überwinden.

1824 gründete Georg Egestorff eine Zuckerraffinerie in Linden, die erste Anlage dieser Art im Hannoverschen, welche später auf L. Hurtzig überging. 1832, durch eine Notiz im „Hannoverschen Magazin" von 1740 darauf aufmerksam gemacht, daß in der Umgebung von Linden Pflanzen gefunden wurden, welche nur an Meeresgestaden oder sonstigen Salz enthaltenden Orten vorkamen, suchte er nach Salz, fand solches und begründete die „Saline Egestorff-Hall". Auf diese Weise entstand nun die große Mengen erzeugende Saline Egestorff, welche ihre Erzeugnisse nicht nur nach dem Inlande verkaufte, sondern weit mehr ins Ausland exportierte. 1835, nach dem Tode seines Vaters, baute Georg Egestorff eine Maschinenfabrik und Eisengießerei. Das war in einer Zeit, als in Hannover in gewerblichen Betrieben noch keine Dampfmaschine bestand, und Egestorffs weitschauender Blick war darauf gerichtet, bei Hebung der Hannoverschen Industrie die Dampfmaschinenkraft einzuführen. Es ist zu bedenken, daß Dampfmaschinen bis dahin lediglich aus dem Auslande bezogen wurden. Mit großer Energie überwand er das Vorurteil, das sich gegen alle inländischen Maschinen gebildet hatte, aber gute und tadellose Arbeit verschaffte seinen Erzeugnissen bald Verwendung und weitere Einführung.

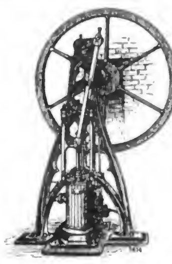


Abb. 3.
Wanddampfmaschine aus dem Jahre 1850. Fabriknummer 90.

Abb. 2 zeigt uns die Eisengießerei und Maschinenfabrik von Georg Egestorff aus dem Jahre 1840. Bereits 1836 verließ die erste Dampfmaschine mit zugehörigem Kessel das Werk, und ihre gute Bewährung hatte weitere Bestellungen zur Folge.

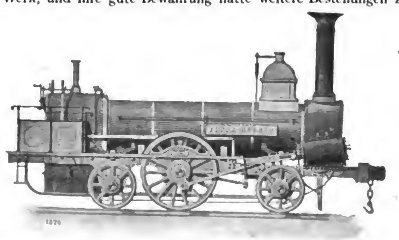


Abb. 4
Erste Lokomotive Egestorff's für die Hannoversche Staatsbahn, gebaut 1846.
Zylinderdurchmesser: 356 mm Treibraddurchmesser: 1524 mm
Kolbenhub: . . . . 550 „ Heizfläche: . . . . 72 qm
Dienstgewicht: 21 850 kg.

In Abb. 3 ist eine Wand-Dampfmaschine aus dem Jahre 1850 mit der Fabriknummer 90 wiedergegeben.

Der 19. Mai 1844 war für das kleine Werk ein Tag von weittragender Bedeutung. An diesem Tage wurde die erste Eisenbahn im Hannoverlande eröffnet. Sie führte

von der Residenzstadt bis an die braunschweigische Landesgrenze. Hierdurch eröffnete sich der emporstrebenden Maschinenfabrik die Möglichkeit, entferntere Absatzgebiete zu erschließen, und gleichzeitig ergriff Georg Egestorff den Gedanken, ein neues Arbeitsfeld, auf dem er später die größten Erfolge erzielen sollte, aufzunehmen: den Bau der Lokomotive. Bereits Ende des Jahres 1844 wurde mit der Ausarbeitung der Pläne einer „verbesserten Lokomotive für beschleunigten Personenverkehr" begonnen, und am 15. Juni 1846 wurde die erste Egestorff-Lokomotive gelegentlich der Eröffnung der Strecke Lehrte-Hildesheim in Dienst gestellt. Mit besonderer Genehmigung des Königs von Hannover durfte sie dessen Namen „Ernst August" tragen, während die übrigen Lokomotiven der hannoverschen Staatsbahn (alle englischen Ursprungs) nur durch Nummern bezeichnet waren. Zeitungsnachrichten aus damaliger Zeit wissen zu berichten, daß die Maschine wegen ihrer besonderen Größe, Schnelligkeit und geschickten Formgebung das Aufsehen des reisenden Publikums in hohem Maße hervorgerufen habe; in Abb. 4 ist diese Lokomotive[1]) wiedergegeben. Über ihre Bewährung liegt folgendes Zeugnis vor:

„In der Maschinenfabrik von Herrn Georg Egestorff in Linden vor Hannover ist für die Königlich Hannover'schen Eisenbahnen eine Lokomotive zur Personenbeförderung gebaut und im Juni d. J. abgeliefert worden.

Dieselbe ist von sehr zweckmäßiger Konstruktion und von durchaus sorgfältiger und solider Arbeit. Sie hat seit ihrer Aufstellung über 1000 Meilen mit schweren Zügen zurückgelegt, ohne daß erhebliche Reparaturen notwendig wurden, und sich nicht nur als ausgezeichnet kräftig, sondern auch als sparsam im Feuerungsverbrauch gezeigt.

Aus derselben Fabrik sind während des verflossenen Sommers fünf Tender für die Hannoverschen Bahnen geliefert, welche ebenfalls das Zeugnis einer tüchtigen und dauerhaften Arbeit verdienen, und hat sich die unterzeichnete Direktion daher veranlaßt gesehen, mit der Egestorff'schen Fabrik kürzlich Kontrakte über die Lieferung einer Anzahl von Lokomotiven und Tendern abzuschließen.

Hannover, den 30. Oktober 1846.
Königlich Hannoversche Eisenbahndirektion.
gez. Hartmann."

Georg Egestorff hatte inzwischen auch Studienreisen unternommen, so nach England, Belgien usw. In seinem nie ruhenden Kopfe arbeiteten immer neue Pläne, die er gelegentlich zur Reife bringen wollte. So beschäftigten die Gedanken, wie er die bis dahin unbenutzt gebliebenen Abfälle der Saline an Mutterlauge, Pfannenstein und dergleichen verwerten könne. Auch dachte er darüber nach, dem Haupterzeugnis der Saline, dem Kochsalz durch bessere und reichlichere Verwertung größere Absatzgebiete zu erschließen. So wurde im Jahre 1839 der Bau einer selbständigen chemischen Fabrik in Linden begonnen, nachdem triftige Gründe ihn von einer Vereinigung dieser neuen Fabrik mit der bestehenden Saline abgehalten hatten. In dieser chemischen Fabrik wurden hauptsächlich Soda, Schwefelsäure, Chlorkalk usw. erzeugt. Als weitere Gründungen dieses bedeutenden Mannes sind zu nennen die Ultramarinfabrik in Limmer und die Zündhütchenfabrik in Linden, welche beide 1856 entstanden waren.

Georg Egestorffs Lebensbild wäre unvollständig, wenn man nicht der von ihm gegründeten Anstalten[2]) gedächte, die dem Wohle seiner Arbeiter gewidmet waren. 1855 gründete er mit einem Kostenaufwande von etwa 9000 Talern eine

---

[1]) Vgl. auch: Organ des Eisenbahnwesens Band 9, S. 98. 1854. (Beschreibung einer späteren Egestorff-Lokomotive von ihm selbst.)

[2]) Vgl. Hanomag-Nachrichten, Heft 89, S. 81. März 1921.



Abb. 5. Die Hannoversche Maschinenbau-Actien-Gesellschaft („Hanomag"), vorm. Georg Egestorff, im Jahre 1919.

Volks-Speiseanstalt in Linden, in welcher er sich zur Aufgabe gestellt hatte, den arbeitenden und ärmeren Volksklassen für etwa 12 Pfennige ein reichliches und kräftiges Mittagsmahl zu liefern, welches die Teilnehmer selbst in der Anstalt oder in ihren Wohnungen verzehren konnten. In den ersten 5 Jahren des Bestehens dieser Anstalt wurden täglich bis 2500 Portionen Mittagessen geliefert, während später die Teilnahme abnahm und im Jahre 1866 auf etwa 500 Portionen täglich herabsank, weil die Armut in Hannover sich bedeutend vermindert hatte, und weil alle Lebensmittel viel wohlfeiler zu erhalten waren als früher, und weil die vermehrte Industrie Hannovers die Lebensverhältnisse des Arbeiters verbessert hatte.

Zu den Wohlfahrtseinrichtungen Georg Egestorffs gehört ferner eine Freischule in Linden, in welcher 80 Kinder aus Arbeiterfamilien im Alter von 6 bis 14 Jahren Aufnahme finden und Unterricht erhalten konnten. Diese Freischule ist 1862 entstanden. Hierher gehört weiter die Gründung einer Kleinkinderwarteschule in Linden zur Aufnahme von 45 Kindern Lindener Arbeiter im Alter von 2 bis 6 Jahren. Ferner die Kranken-, Sterbe- und Unterstützungskassen[1]), durch welche es ermöglicht wurde, jedem krank werdenden Arbeiter sein volles wöchentliches Gehalt auszuzahlen, ihm freie ärztliche Behandlung und Arznei zu gewähren und auch eine Unterstützung zu den Begräbniskosten zu bezahlen.

Georg Egestorffs rastlose Tätigkeit, die kolossale Arbeitslast des immer mehr sich ausdehnenden Geschäftes und die daneben durchgeführten schwierigen Auseinandersetzungen mit seinen Geschwistern wegen der väterlichen Hinterlassenschaft hatten seine Gesundheit in bedrohlicher Weise erschüttert. War auch der Geist und seine Elastizität noch in ungeschwächtem Zustande vorhanden, so verlangte doch der Körper sehr bald eine entschiedene Ruhe, umsomehr als eine der lästigsten äußeren Erscheinungen der körperlichen Angegriffen-

[1]) Vgl. Mitteilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover, S. 10. 1846/47.



Abb. 6. Werkanlage der „Hanomag" 1920 vom Flugzeuge aus gesehen.

Phot. Luftphoto Berlin.

heit eine viele Monate andauernde Sprachlosigkeit in immer kürzeren Zwischenräumen, aber in um so stärkerem Maße auftrat. Georg Egestorff versuchte so manche Jahre hindurch in fast allen deutschen Bädern und Kurorten Heilung bzw. Linderung, jedoch

ohne Erfolg. Erst nach einer längeren Reihe von Jahren, während welcher sich Egestorff von seinem Geschäftsbetriebe völlig zurückzog, erholte er sich anscheinend einigermaßen wieder, um dann nach einer kurzen Reihe von Jahren einem noch schwereren Siechtume zu verfallen. Am 27. Mai 1868 früh $4^1/_2$ Uhr ist Georg Egestorff, der größte Industrielle der Provinz Hannover, gestorben[1]).

Da er keinen Sohn hinterließ, und seine beiden Schwiegersöhne Buresch und Houget, die ihm schon seit Jahren zur Seite standen, seine sämtlichen Unternehmungen[2]) allein nicht weiterführen wollten, ging nach seinem Tode die Eisengießerei und Maschinenfabrik an den Eisenbahnunternehmer Dr. Strousberg über. Die heutige Hannoversche Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, vormals Georg Egestorff, zeugt von der gesunden Entwicklung des seinerzeit von Georg Egestorff geschaffenen Werkes.[3]) Abb. 5 und 6 zeigen die Gesamtansicht der heutigen Fabrikanlagen (Hanomag) in Linden an der Hamelner- und Göttinger Straße. Das heutige Werk beschäftigt rund 8500 Arbeiter und 1000 Beamte. Die Gesamtgrundfläche der Fabrik erstreckt sich über nahezu 70 ha, wobei 21 vH bebaut sind, die angegliederte Arbeiterkolonie bedeckt eine Grundfläche von 3,15 ha. Die „Hanomag-Nachrichten", deren achter Jahrgang vorliegt, geben einen sicheren Aufschluß über die Erzeugnisse und deren Entwicklung dieses bedeutenden hannoverschen Industriewerkes. Am 1. Januar 1921 ist die 9700. Lokomotive aus dem Werke hervorgegangen, Ende des Monats August 1921 die 9800., die Ablieferung der 10 000. Lokomotive dürfte Anfang 1922 erfolgen.

---

1) Vgl. „Hannoverscher Courier" Nr. 4200 v. 27. Mai 1868.

2) Diese bestanden nach einer 1866 von ihm herausgegebenen Drucksache in folgendem: Maschinenfabrik (816 Arbeiter), Eisengießerei (178 Arbeiter), Chemische Produktenfabrik (45 Arbeiter), Ultramarinfabrik (26 Arbeiter), Zündhütchenfabrik (36 Arbeiter), Saline (110 Arbeiter), Steinbruch bei Linden (65 Arbeiter), Steinkohlenbergwerk bei Wennigsen (226 Arbeiter), desgleichen bei Barsinghausen (359 Arbeiter), Ökonomie, Kalktonnenmacherei in Linden (36 Arbeiter), 5 Kalkbrennereien in Linden, Ronnenberg und Völksen (84 Arbeiter), 4 Ziegelbrennereien in Linden, Empelde und Völksen (105 Arbeiter); vgl. Hanomag-Nachr. Heft 89, S. 51. März 1921.

3) Vergl. Dr. Karl Aschenbrenner: „Die Hannoversche Maschinen-Industrie seit ihrer Entstehung im Anfang der dreißiger Jahre bis zum Jahre 1874", Dissert. Göttingen 1921, ferner: „Die Tätigkeit und die Bedeutung der beiden Egestorffs", Beilage zu den Hanomag-Nachrichten Oktober 1921, Heft 96, Jahrg. VIII. S. 105.

Die Brüder Siemens u. das Siemens-Martin-Verfahren[1]).

Von

August Rotth, Berlin.

Wie schon an früherer Stelle[2]) kurz hervorgehoben wurde, hat Wilhelm Siemens einen großen Teil seiner Lebensarbeit der Wärmetechnik gewidmet. Zunächst lange Zeit mit seinen Wärmemotoren beschäftigt, hat er vielfach auch andere damit verwandte Aufgaben bearbeitet, ohne freilich die erstrebten Ziele zu erreichen. Um so erfolgreicher sollte er auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens werden, dem er sich mit großem Nachdrucke zuwandte, nachdem sein Bruder Friedrich die von beiden seit langem in den verschiedensten Formen verfolgte sog. Regenerierung der Wärme mit der Regenerativfeuerung um ihr wichtigstes Glied bereichert hatte. Wilhelm Siemens erkannte sofort die Tragweite dieser so einfachen, scheinbar so naheliegenden und nun doch erst entstandenen Einrichtung, die der Hüttentechnik die Möglichkeit gab, die seit langem dringend gewünschten hohen Temperaturen im Schmelzofen wirtschaftlich zu erzeugen. Mit der Einführung des Regenerativofens in das Eisenhüttenwesen hat sich auch sein Erfinder Friedrich Siemens in Gemeinschaft mit seinem Bruder Wilhelm befaßt, um sich dann selbständig vornehmlich der Glaserzeugung zuzuwenden. Der Hauptförderer des Regenerativofens in der Eisenerzeugung und der Schöpfer neuer Verfahren dafür ist William Siemens geworden.

Schon in dem englischen Patente der Brüder von 1861 ist die Anwendung der neuen Feuerung auf das Schmelzen von Stahl auf offenem Herde enthalten. In der Folge trat Wilhelm mit einer Reihe von Hüttenleuten in Verbindung, die den Regenerativofen für ihre Zwecke verwenden wollten, so seit 1862 mit Attwood, Armstrong, Dixon und anderen. Eine Verbindung mit Le Chatelier in Paris führte dabei 1863 zu der weiteren Verbindung mit den Brüdern Pierre und Emile Martin in Sireuil. Das war der Ausgangspunkt des Siemens-Martin-Verfahrens für Stahlerzeugung.

---

[1]) Es war beabsichtigt, über die wärmetechnischen Arbeiten der Brüder Siemens vier gesonderte Beiträge zu veröffentlichen. Zwei davon sind in Band 10 erschienen, und zwar ein kurzer Überblick über die Leistungen aller Brüder auf dem Wärmegebiete, mit einigen Einzelheiten, die in den anderen Beiträgen keinen Platz gefunden hätten, und ferner eine Schilderung der Umwälzungen in der Glastechnik durch Friedrich Siemens. Die beiden andern noch ausstehenden Beiträge sollten der Tätigkeit der Brüder im Eisenhüttenwesen und der näheren Betrachtung ihrer thermodynamischen Bestrebungen gewidmet sein.

Es ist leider nicht möglich gewesen, diese Ausführungen rechtzeitig zu erhalten. Manches Wesentliche war diesen Arbeiten auch schon durch die veröffentlichten Arbeiten vorweggenommen. In dankenswerter Weise hat es Herr Obering. Rotth freundlichst übernommen eine Ergänzung zu schreiben, die noch zu den bereits veröffentlichten Arbeiten zu geben wäre. (Die Schriftleitung.)

[2]) Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Band 10. S. 46. Berlin 1920.

Die Brüder Martin verfolgten seit Jahren den Weg, den schon Réaumur 1722 für die Stahlherstellung vorgeschlagen hatte, gekennzeichnet durch das Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeisen, um dem Ganzen den für den Stahl erforderlichen mittleren Gehalt an Kohlenstoff zu geben. Réaumur war mit seinem Vorschlage den Möglichkeiten seiner Zeit weit vorausgeeilt, und auch als Heath 1845 den Gedanken wieder aufnahm, fehlte zu seiner Durchführung die notwendigste Bedingung, den entstehenden schwerflüssigen Stahl auf genügend hoher Temperatur zu halten. Das war auch gerade das, was die Brüder Martin bis dahin am Erfolge ihrer Arbeiten in gewerblichem Maßstabe verhindert hatte. Sie nahmen deshalb die Vorschläge von Wilhelm Siemens in klarer Erkenntnis der Sachlage gern auf, und Wilhelm Siemens, der inzwischen die Einzelheiten des Regenerativofens und seine Anwendung für die verschiedensten Zwecke zu beherrschen gelernt hatte, lieferte den Brüdern Martin alle Pläne und Angaben für den Bau eines Ofens und ließ ihn auch durch seine Techniker ausführen. Wilhelm Siemens selbst wandelte schon seit längerem auf ähnlichen Wegen. Er verfolgte dabei aber mit Vorliebe nicht das nach den genannten älteren Vorschlägen von den Brüdern Martin angenommene Schrott-Verfahren, sondern seinen sog. „direkten Prozeß", d. h. das Verfahren, aus Eisenerzen unmittelbar auf offenem Herde Stahl zu gewinnen. Er tat nunmehr sein Bestes, um den alten, von den Brüdern Martin nachhaltig verfolgten Gedanken zur Wirklichkeit werden zu lassen, mit solchem Erfolge, daß er sowohl wie die Brüder Martin auf der Pariser Ausstellung von 1867 die höchsten Auszeichnungen für die Erzeugung von Stahl erhielten.

Das bald zu so großer Wichtigkeit gelangte Verfahren wird gewöhnlich mit dem Doppelnamen Siemens-Martin bezeichnet, in Frankreich allerdings nur mit dem Namen Martin, und häufig sind Zweifel geäußert, welche Bezeichnung berechtigt sei. Man hat sogar in Deutschland aus Unkenntnis der einzelnen Vorgänge mehrfach die Ansicht ausgesprochen, daß die Brüder Martin allein das Verfahren geschaffen und hierzu nur einen von Friedrich Siemens geschaffenen Gasofen benutzt hätten. Demgegenüber hat Herr Prof. Wüst, einer unserer ersten Fachmänner des Hüttenwesens, in seiner Denkschrift[1]) mit Recht darauf hingewiesen, daß: „. . . man bald nach der Erfindung des Bessemer-Prozesses den Siemensofen zur Erzeugung von Stahl verwendet, der heute ungerechterweise als Martin-Ofen und sein Produkt als Martin-Stahl bezeichnet wird".

Über die Entwicklung des Verfahrens, nachdem sich Wilhelm Siemens seiner angenommen hatte, geben die Bücher von Pole[2]) und Ehrenberg[3]) hinreichenden Aufschluß. Außerdem liegt aber ein Briefwechsel aus dem Jahre 1878 vor zwischen Wilhelm Siemens und der Société Anonyme des Aciers Martin, der auf die technischen Einzelheiten noch tiefer eingeht. Veranlaßt war dieser Briefwechsel durch eine Druckschrift der Martin-Gesellschaft, die gelegentlich der Pariser Ausstellung 1878 verteilt wurde und die den Anteil von Wilhelm Siemens an der Durchführung des Verfahrens kaum berührte. Offenbar waren schon bald Trübungen zwischen den Beteiligten entstanden. Die Martin-Gesellschaft scheint auch nicht immer nach Billigkeit gehandelt zu haben, so hatte sie 1864 ein englisches Patent auf die, inzwischen im wesentlichen durch Wilhelm Siemens erfolgte Ausgestaltung ihres Stahlofens eingereicht, ohne dem tatsächlichen Urheber davon Kenntnis zu geben.

[1]) „Die Entwicklung der deutschen Eisenindustrie in den letzten Jahren". Halle 1909.
[2]) Wilhelm Siemens, deutsch bei Springer, Berlin 1890.
[3]) Die Unternehmungen der Brüder Siemens, Bd. 1, Fischer-Jena 1900.

In dem Briefwechsel von 1878 macht deshalb Wilhelm Siemens der Gegenseite ziemlich scharfe Vorwürfe wegen des Verschweigens seiner Arbeit an dem gelungenen Werke, wogegen die Martin-Gesellschaft nur schwach erwidert. Wie immer in solchen Fällen führte der Briefwechsel zu keiner Einigung in dem Widerstreite der Ansichten, er ist aber deshalb für die Frage nach dem Entstehen des Siemens-Martin-Verfahrens von Wichtigkeit, weil Wilhelm Siemens in ihm bestimmt seinen Anteil im einzelnen kennzeichnet.

Die Anwendung der Regenerativfeuerung auf den bis dahin noch nicht brauchbaren Stahlofen der Brüder Martin konnte kein einfaches Einfügen einer besonderen Einzelheit sein, wie nach dem oben erwähnten tadelnden Ausspruche angenommen werden müßte, es war vielmehr ein organisches Zusammenfügen aller wichtigen Teile unter steter Rücksichtnahme auf den Endzweck erforderlich, wobei alle Teile ihre eigenartige Ausgestaltung erhielten. In dem letzten Schreiben von Wilhelm Siemens an die Martin-Gesellschaft vom 9. Juli 1878 faßt der Schreiber noch einmal übersichtlich zusammen, was er zum Gelingen des Verfahrens beigetragen hat. Der erfolgreiche Ofen für die Brüder Martin ist nicht nur nach seinen Plänen entworfen und zuerst durch seine Angestellten ausgeführt, er hat auch wesentliche Einzelheiten erhalten, die mit der Rengenerativfeuerung an sich nichts zu tun haben, so die richtige Form des Schmelzraumes, die Wahl der Stoffe für die Herdsohle, die notwendige Kühlung dieser Sohle durch die Frischluft usw. Der Briefsammlung liegen Zeichnungen bei, die keinen Zweifel über die baulichen Einzelheiten lassen. Außerdem zeigt aber der Brief, wie auch die Führung des chemischen Vorganges von Wilhelm Siemens beeinflußt wurde, unter anderem durch die wichtige Zugabe von Spiegeleisen. Alles in allem muß man danach schließen, daß Wilhelm Siemens auf Grund seiner mit der Regenerativfeuerung im Hüttenwesen inzwischen schon gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse das von den Brüdern Martin verfolgte Verfahren ganz selbständig hätte durchführen können, nachdem ihm der Auftrag oder die Neigung dazu gekommen war, und tatsächlich ist auch die wirkliche Ausführung des Verfahrens nach dem Vorgange der Brüder Martin in allem Wesentlichen sein Werk.

Als die wichtigsten Gesichtspunkte bei der Frage nach der Urheberschaft des Siemens-Martin-Verfahrens müssen also festgehalten werden: Die Brüder Martin beabsichtigten das schon vor ihnen angegebene Verfahren zum Erzeugen von Stahl auf offenem Herde durchzuführen. Sie kamen aber damit nicht zum Ziele, da sie nicht hinreichend hohe Temperaturen erzeugen konnten. Diese konnten allein durch die Regenerativfeuerung von Friedrich Siemens erhalten werden, die Wilhelm Siemens mit überlegenem Geschick und unter Zugabe anderer wesentlicher Einzelheiten auf den bis dahin nicht brauchbaren Martin-Ofen anwendete.

Unbedingt steht deshalb der Name Siemens in engster Verbindung mit dem Verfahren, wobei man an beide Brüder Friedrich und Wilhelm zu denken hat. Welchen Anteil an dem Erfolge man aber allen Beteiligten zuerkennen und in der Benennung zum Ausdruck bringen will, wird ganz davon abhängen, von welchem Standpunkte aus man die Frage betrachtet. Betont man dabei besonders den gewerblichen Erfolg des Verfahrens, so muß gewiß das große Verdienst der Brüder Martin anerkannt werden, die das zwar schon vorgeschlagene, aber doch praktisch noch nicht ermöglichte Stahlverfahren in langjährigen Mühen mit Wilhelm Siemens zum Abschlusse führten. Danach würde die Bezeichnung Siemens-Martin-Verfahren wohl berechtigt sein. Sieht man dagegen das Verdienstliche eines technischen

Fortschrittes vornehmlich in der erfinderischen Tätigkeit und der geschickten technischen Ausgestaltung, so bleibt allerdings für den Namen Martin nur wenig Raum übrig, denn die Brüder Martin haben doch nicht die Grundlage des ganzen Verfahrens gegeben, und Wilhelm Siemens hatte mit den von seinem Bruder und ihm geschaffenen technischen Mitteln das ganze Verfahren ohne weiteres in der Hand, sobald ihm der Anlaß dazu gekommen war.

Weitere Einzelheiten gibt der folgende Auszug aus dem (französischen) Briefwechsel zwischen William Siemens und der Soc. Martin in Uebersetzung. Der in dem Briefe vom 7. Juni 1878 dieser Gesellschaft erwähnte Brief William Siemens' vom 29. Mai 78 fehlt in der Sammlung. Die Briefe der Soc. Martin mit Anlage sind ungekürzt wiedergegeben.

William Siemens an die Société Anonyme des Aciers Martin.

London, 24. Mai 1878.

Meine Herren!

Man hat mir eine Druckschrift über die Herstellung von Stahl auf offenem Herde gesandt, die Sie auf der Ausstellung verteilen lassen, und in der ich eine Entwicklungsgeschichte des Verfahrens finde, die für die Herren Martin die Urheberschaft und selbst die ausschließliche Entwicklung in Anspruch nimmt; mein Name wäre darin nur erwähnt, sagt man, weil mein Heizungssystem, auf meine Gaserzeuger beschränkt, dabei benutzt war. Diese Bemerkungen stellen die Tatsachen um, und da sie meinen gerechten Anteil an der Urheberschaft und der Entwicklung des Siemens-Martin-Verfahrens zu vermindern suchen, so kann ich nicht mit Stillschweigen darüber hinweggehen.

Hinsichtlich der Urheberschaft und der Entwicklung des fraglichen Verfahrens bemerke ich, daß ich mich seit 1856 mit der Herstellung von Stahl befaßt habe; mein Patent aus diesem Jahre, ein in London zur selben Zeit gebauter Ofen, und besonders mein Patent von 1861 (von Ihnen so oft bei Ihren Streitigkeiten in Frankreich angerufen) beweisen mein selbständiges Vorgehen, dem die Anwendung durch Herrn Attwood folgte, sodann das von mir in Gemeinschaft mit Herrn Le Chatelier auf den Namen der Herren Boigues, Rambourg et Cie. genommene Patent und die Anwendung auf der Hütte dieser Herren am Montluçon. Bei dem Verhandeln mit den Herren Martin (siehe meinen Brief vom 26. März 1863) machte ich ihnen Mitteilung von meiner Verbindung mit den Herren Boigues, Rambourg et Cie. zur Herstellung von Stahl auf offenem Herde, und eine Prüfung meines Briefwechsels mit ihnen zeigt, daß sie bei ihrem Ansuchen wegen meines Gas-Regenerativ-Ofens in bezug auf Stahl nur die Verwendung zum Schmelzen in Tiegeln beabsichtigten, wobei sich, ebenso wie in dem Briefwechsel mit ihrem Vertreter, Herrn de Bussy, deutlich ihr Zögern zeigt, sich auf einen Weg zu begeben, den sie für neu hielten, daß nur meine wiederholten Anregungen sie zu der ersten Anwendung bestimmten und daß ich bei ihrer Bedenklichkeit (siehe meinen Brief an Herrn de Bussy v. 10. Dezember 1862) an erster Stelle die Form eines Regenerativofens anraten mußte, die das Umwandeln in einen Ofen zum Stahlschmelzen auf offenem Herde zuließ. Dieser erste Ofen wurde nach den meinem Briefe vom 17. April 1863 beiliegenden Plänen gebaut und in Gang gesetzt von meinen Ingenieuren, die sich dazu auf die Einladung der Herren Martin mehrere Male nach Sireuil begaben.

Aus dem Vorstehenden erhellt, daß ich schon seit langer Zeit die Idee der Stahlerzeugung gefaßt hatte und daß ich sie seit 1861 nachdrücklich auf der offenen Sohle meines Gas-Regenerativ-Ofens verfolgte. Die Herren Martin haben der gleichen Frage seit 1864 große Aufmerksamkeit geschenkt, und indem sie sich vorgenommen hatten, Mischungen verschiedener Arten von dazu passenden Stoffen zu finden, konnten sie das damals noch unbekannte Gebiet ebnen, leichter als meine anderen Lizenznehmer. Als die Herren Martni 1867 nach Abschluß ihrer Versuche die Erzeugung von Stahl begannen, ließen sie sich von neuem Patentschutz geben, und in diesem Patente und in dem meinigen vom selben Jahre hat man die wesentlichen Punkte des Verfahrens Siemens-Martin zu suchen, zu dem wir gesondert durch unsere unabhängigen Versuche

gelangten; die geschäftlichen Ergebnisse begannen in diesem Jahre und bilden die Grundlage des Verfahrens, das unseren Namen trägt.

Nicht genug damit, daß sie den zum Ausführen des Siemens-Martin-Verfahrens angewendeten Ofen vollständig in Anspruch nehmen, zu Unrecht, wie ich gezeigt habe, beanspruchen nach Ihrer Druckschrift S. 4 die Herren Martin auch den Entwurf des für diesen besonderen Zweck bestimmten Ofens in folgenden Worten:

„Die Herren Martin haben ihrem Patente von 1866 die Zeichnung eines von ihnen erfundenen Ofens angefügt usw."

Nun sind der Entwurf des von den Herren Martin bei ihren Anwendungen in Frankreich benutzten Ofens ebenso wie die Zeichnungen zu ihren Patenten Abbilder der Skizzen, die ich ihnen im April 1863 sandte, deren Urbilder sich in meinen Archiven befinden; die Bemerkung erscheint mir daher befremdlich und ganz unzulässig.

Gestatten Sie . . . . . . gez. C. William Siemens.

Société Anonyme des Aciers Martin

an William Siemens.

Paris, 7. Juni 1878.

Mein Herr,

von Ihren Briefen vom 24. und 29. Mai hat das Comité der Direktion unserer Gesellschaft Kenntnis genommen, nicht ohne Erstaunen und Bedauern.

Um Zeitverlust zu vermeiden, und da die Frage keine sachliche Bedeutung mehr hat, wünschen wir sehr, nicht wieder in Auseinandersetzungen einzutreten, die wir für erledigt halten und in denen zweifellos unsere Überzeugung ebensowenig wie die Ihrige eine Änderung erfahren würde. Man hat sich jetzt in unseren beiden Ländern eine Meinung über die Punkte ausgebildet, in denen wir auseinandergehen. Diese Meinung ist in vielen Fällen für bestimmte Ingenieure beeinflußt durch Neigung und Anteilnahme; aber wir würden die Öffentlichkeit nur ermüden, wenn wir ihr eine Auseinandersetzung unserer gegenseitigen Ansprüche geben wollten.

Wir möchten in der Angelegenheit der Zeit die Sorge überlassen, in gewissen Streitpunkten zu entscheiden, die nur noch eine wissenschaftliche Bedeutung haben. Wir würden unseren Standpunkt nur ändern, wenn wir dazu gezwungen würden.

Es scheint uns selbstverständlich unnütz, auf den Grund unserer Meinungsverschiedenheiten einzugehen, im besonderen auf den Wert, den Sie Ihrem Patente vom Jahre 1861 beilegen und den Sie unserem Patente vom Jahre 1865 verweigern. Das würde den Beginn eines Streites bedeuten, in den wir, um es zu wiederholen, nur ungern eintreten würden, so gut wir auch gewappnet sind, ihn ohne Bedenken aufzunehmen.

Wir wünschen in dem besonderen Punkte des Ofens, der Ihre Aufmerksamkeit in der Ausstellungsnotiz erregt hat, die wir Ihnen durch Herrn Boistel zugehen ließen, Ihnen jede angemessene Genugtuung zu geben, und dazu wollen wir, um den Anteil, der Ihnen an der Einrichtung zukommt, recht hervortreten zu lassen, an das Ende unserer Notiz einen Zusatz nach Art des hier beigegebenen anfügen, den wir ohne Bedenken Ihrer Prüfung unterbreiten. Wir wollen selbst solche Änderungen darin aufnehmen, die Sie für zweckmäßig halten, sofern sie nicht den Sinn des Ganzen ändern.

In der Hoffnung . . . .

Société Anonyme des Aciers Martin der delegierte Administrator gez. P. de Sénarmont.

Bemerkung (Anlage zu dem Brief vom 7. Juni 1878).

Alle Metallurgen kennen den Widerstreit der Meinungen, der bestand und noch besteht hinsichtlich der Urheberschaft der Erfindung des Verfahrens zur Herstellung von Stahl auf offenem Herde. Diese Frage hat heute keine sachliche Bedeutung mehr, da die wichtigen, im Wettstreit stehenden Patente schon erloschen sind oder demnächst erlöschen werden. Aber es bleibt die wissenschaftliche Frage, und hier erkennen wir gern an, daß Herr Siemens hinsichtlich des Ofens seit langem den zeitlichen Vorrang beansprucht hat, gestützt auf eine Zeichnung in einer Reihe verschiedener Darstellungen von Ofen-

formen für die Glas-Industrie, die einem Patente von ihm vom Jahre 1861 beigegeben waren. Dieser Ofen, gegebenenfalls auch in Aussicht genommen für metallurgische Zwecke, soll ebenso dienen „zum Schmelzen von Schmiedeeisen wie zum Erzeugen von Stahl und zum Rösten von Kupfererzen oder anderen," aber seine Zeichnung weist erhebliche Unterschiede gegen den Ofen auf, mit dem die Herren Martin ihre endlichen geschäftlichen Ergebnisse erzielten, die überall bekannt sind. Nichts deutet übrigens in dem Patente auf die Zusammensetzung der Sohle hin, der Ursache so vieler Mißerfolge. — Im Laufe ihrer langen und kostspieligen Versuche gelangten die Herren Martin dahin, für die Herstellung von Stahl auf offenem Herde einen der Entwürfe von Herrn Siemens anzuwenden, der gegen 1863 entstand, im übrigen in der Ausführung verändert und mit einer Sohle aus Stoffen versehen wurde, die zu dem Erfolge beitrugen. — Aber dieser Entwurf war bestimmt für den Bau eines Regenerativofens, und im Verfolg ihrer Versuche über die Herstellung von Stahl gelangten die Herren Martin dahin, zum Erhalten des von so vielen Metallurgen gesuchten Erzeugnisses (Stahl auf offenem Herde) eine Einrichtung nützlich zu verwenden, die bisher für anderen Gebrauch angewendet war.

So sind Erzeuger und Verbraucher, Ingenieure und Arbeiter von selbst dazu gekommen, dem Ofen und dem Erzeugnisse den Namen der Herren Martin zu geben.

Die Fragen des zeitlichen Vorganges sind im Augenblick, wo die großen Erfindungen auftreten, verdunkelt durch Neigung und Anteilnahme. Die Zeit stellt später den Anteil des einzelnen fest an den Entdeckungen, die von mehreren verfolgt wurden.

Die Herren Martin haben immer nachdrücklich den großen Dienst hervorgehoben, der bei ihrer Entdeckung durch die Regenerativöfen von Herrn Siemens geleistet wurde. Aber sie haben nie etwas von ihren Rechten darauf preisgegeben, als die ersten Unternehmer anerkannt zu werden, die Stahl auf offenem Herde erzeugt haben durch die Vereinigung verschiedener neuer und schon bekannter Mittel. Die Heizungsart von Siemens, die Einrichtungen von Siemens gehörten zu der Zahl der schon bekannten Mittel, und obwohl sie wichtige Änderungen an den Einrichtungen vornahmen, und bei ihrer Entdeckung eine für andere Zwecke bestimmte Form anwendeten, haben die Herren Martin immer den beträchtlichen Anteil hervorgehoben, der bei dem Erfolge ihrer Verfahren der Erzeugung hoher Temperaturen zufällt, ohne die der Stahl auf offenem Herde niemals erhalten werden konnte.

William Siemens an die Société Anonyme des Aciers Martin.

London, 14. Juni 1878.

Meine Herren!

. . . .

Was die Bemerkung betrifft, die Sie als Anhang zu Ihrer Druckschrift vorschlagen, so erscheint sie mir ebenso unzulässig wie die Druckschrift selbst. Sie glauben, mich zu befriedigen, indem Sie leichthin von meinem Patente von 1861 sprechen (so oft von Ihnen in Ihren Streitigkeiten angerufen), und mit zierenden Einzelheiten von dem Patente der Herren Martin aus 1865, angesichts folgender Tatsachen:

1. Die Beschreibung eines zur Erzeugung von Stahl verwendbaren Ofens enthalten in meinem Patente von 1861.

2. Die Herrn Attwood im Jahre 1862 erteilte Lizenz.

3. Die Studien, die ich 1862—1863 mit meinem Freunde, dem verstorbenen Herrn Chatelier, gemacht habe, und die Mitwirkung der Herren Boignes, Rambourg et Cie.

4. Zeichnungen und Anweisungen, die ich Ihnen für den Bau Ihres ersten Ofens nach meinem Systeme in Sireuil geliefert habe, enthalten die Kühlung der Sohle, die Herstellung dieser Sohle aus Sand und die Walesschen Ziegel für das Gewölbe (siehe mein Schreiben an Herrn de Bussy vom 14. November 1862).

Diese Tatsachen beachten Sie in keiner Weise in Ihrer Bemerkung. Zudem darf nicht aus den Augen gelassen werden, daß ich im besonderen den Ofen von Sireuil für die Anpassung zum Herstellen von Stahl auf offenem Herde entworfen hatte und daß in meinem Briefe vom 17. April 1863, dem Begleiter der Pläne für den Ofen, diese bezeichnet sind als die „von Ihrem neuen Ofen zum Schmelzen von Stahl".

. . . .

Gestatten . . . . . . gez. C. W. Siemens.

Société Anonyme des Aciers Martin an William Siemens.

Paris, 18. Juni 1878.

Mein Herr!

Wir empfingen heute Ihren Brief vom 14. Juni und ohne auf den Inhalt einzugehen, beeilen wir uns Ihnen zu sagen, daß wir vollständig den am Ende Ihres Briefes ausgedrückten Gedanken teilen, daß niemand ein guter Richter in seiner Sache ist, und daß man sich an die Meinung von Personen halten muß, die von aller Voreingenommenheit in dem Streite frei sind. Um Ihnen nun die Meinung von befugten und unbeeinflußten Richtern bekanntzugeben, senden wir Ihnen mit heutiger Post eingeschrieben als Geschäftspapiere:

1. den autographierten Bericht der vom Tribunal de la Seine ernannten Sachverständigen in unserem Prozeß mit Herrn Sudre wegen der Gültigkeit der Patente Martin;

2. einen gedruckten Auszug desselben Berichtes, der für jeden Gegenstand auf die entsprechende Seite des vollständigen Berichtes hinweist, wodurch das Suchen sehr erleichtert wird.

Wenn Sie sich die Mühe geben wollen, diese Belege einzusehen, so werden Sie darin die Meinung der Sachverständigen finden:

1. über Ihre Patente, die der Herren Yates et Attwood und die der Herren Boigues, Rambourg et Cie. (Auszug S. 6 u. 7; Bericht S. 37—48);

2. über das Patent Martin v. J. 1865 (Auszug S. 8; Bericht S. 51 ff.);

3. über das Patent Martin vom Jahre 1867 (Auszug S. 10; Bericht S. 55);

4. endlich über die Zeit der Erfindung des Stahles auf offenem Herde (Auszug S. 10 u. 11; Bericht S. 56).

Wir wissen nicht, welche Richter Sie anrufen, aber es ist unmöglich, solche zu finden, die berufener und von jeder Voreingenommenheit freier wären, als die von dem Gerichtshofe ernannten Sachverständigen, und wir denken, das Lesen des Ihnen gesandten Berichtes wird Sie sicher dazu führen, Ihre Ansicht zu ändern und Sie erkennen lassen, daß die unsrigen nicht übertrieben sind, wie Sie zu glauben scheinen.

Wir setzen übrigens voraus, daß die Ausstellung Sie demnächst nach Paris ziehen wird, und wir glauben, daß eine Unterredung zwischen uns mehr zur Klärung der Frage beitragen würde als mehrere Briefseiten; wir hoffen also von Ihnen die Nachricht Ihres baldigen Besuches zu erhalten.

Gestatten Sie Société Anonyme des Aciers Martin der Delegierte Administrator

gez. P. de Sénarmont.

William Siemens an die Société Anonyme des Aciers Martin.

London, 9. Juli 1878.

Meine Herren!

. . . .

Nach Prüfung des Berichtes der Herren Sachverständigen, die von dem Tribunal de la Seine in Ihrem Prozesse mit Herrn Sudre ernannt waren, wovon Sie mir eben einen Abzug sandten, ist zunächst klar, daß dieses Gutachten keineswegs zum Ziel hatte, die Fragen der Urheberschaft zu beleuchten, die sich zwischen den Herren Martin und mir selbst erhoben haben; im Gegenteil . . . . Es ist nützlich zu bemerken, daß die Herren Sachverständigen nicht einig über die besondere Frage gewesen sind, die ihrem Urteil unterbreitet war, aber ich werde meine Bemerkungen auf den Bericht der Mehrheit stützen, der für die Herren Martin am günstigsten ist, von ihrem Standpunkte auch der unbestreitbarste sein muß.

Der springende Punkt des Berichtes der Herren Sachverständigen findet sich auf S. 52, wo auf eine Frage des Gerichtshofes folgende Schlußfolgerung zu lesen ist:

„Es ist uns nicht weniger sicher, daß die Heizung nach dem Systeme von Herrn Siemens die Hauptstütze des Erfolges gewesen ist."

Diese Schlußfolgerung findet sich mit anderen Worten wiederholt auf S. 56, aber es wird hinzugesetzt, daß die Einrichtungen des Ofens, die für den Erfolg der Herstellung

von Stahl auf offenem Herde wesentlich sind, nur in dem Patente der Herren Martin aus 1865 erscheinen und bestehen in:

der Anwendung der Dinas-Ziegel;
dem Gewölbe mit doppelter Krümmung und Senkung über der Mitte des Bades;
der Sohle von Quarzsand, mit Kühlung durch Luftströme;
der Art, die Gase und die Luft in den Arbeitsraum des Ofens einzuführen.

Die Herren Martin haben sich das Verdienst um die Einführung dieser Einzelheiten zugeschrieben, und die Herren Sachverständigen haben sich in solchem Maße geirrt, daß sie schließlich zweifelten (S. 51 des Berichtes), ob der Siemens-Ofen, angewendet auf die Herstellung von Stahl, Martin-Siemens-Ofen oder selbst Martin-Ofen zu nennen wäre. Diese Vorstellung ging noch weiter, man wollte selbst in den Zeichnungen zu meinem Patente von 1867 die Wiedergabe von Einrichtungen sehen, die „fast identisch mit denen des Martin-Ofens" wären (siehe S. 47 des Berichtes). Ersichtlich sind die Herren Sachverständigen in die Irre geführt, sei es durch mündliche Vorstellungen, sei es durch Unterdrückung von notwendigen Stücken für ihre Unterrichtung, und ich widerspreche nachdrücklich den so auf Kosten meiner Stellung und meiner Rechte erhaltenen Schlußfolgerungen, die im Widerspruche mit den Tatsachen sind, und deren Richtigstellung ich mir schuldig bin.

Ich habe in meinen vorhergehenden Briefen gesagt und ich wiederhole es, daß die den Patenten der Herren Martin aus 1865 und 1867 beigegebenen Zeichnungen fast identische Abbilder der Entwürfe sind, die ich ihnen infolge meines ersten Abkommens mit ihnen unter dem 17. April 1863 übersandt habe. Der in Sireuil nach diesen Entwürfen gebaute Ofen wurde durch meine Ingenieure in Betrieb gesetzt, und die Herren Martin haben keine Berechtigung, die Urheberschaft dieses Entwurfes in Anspruch zu nehmen, den sie ohne mein Wissen patentieren ließen; es wird Ihnen ohne Zweifel möglich sein, die Pläne selbst wiederzufinden, die mein Zeichen tragen und die ich unter dem angegebenen Datum abgeschickt habe; die Urzeichnung ist hier in meinem Archiv, wo sich auch die vorher von mir versandten befinden von Öfen zur Herstellung von Stahl auf offenem Herde für Herrn Attwood im Jahre 1862 und für die Herren Boigues, Rambourg et Cie. im Jahre 1863, und diese Pläne enthalten alle wesentlichen Punkte des den Herren Martin 1865/67 patentierten Ofens. Die Anlage der Regeneratoren und die Kanalmündungen für Gas und Luft in den Arbeitsräumen sind durchaus dieselben; das über der Mitte des Bades gesenkte Gewölbe und die Kühlung der Sohle durch Luftströme finden sich dort ebenfalls; die Schwierigkeit, die damals die Frage einer zweckmäßigen Sohle für die Herstellung von Stahl bot, war in dem Entwurfe des ersten Ofens für Herrn Attwood überwunden durch eine bewegliche Sohle mit Futter aus einem sehr widerstandsfähigen Tone, und obwohl die Herren Boigues, Rambourg et Cie. das Schmelzen von Stahl auf einer Sohle von Tonerde begannen, haben sie diese bald durch eine Sohle von Quarzsand ersetzt, wie ich in meiner Denkschrift an die Chemische Gesellschaft in London vorgeschlagen habe, die von den Herren Sachverständigen auf S. 45 ihres Berichtes angezogen wird; es wurde deshalb nicht die Anpassung eines Siemens-Ofens, der für andere Zwecke bestimmt war, zur Herstellung von Stahl unter dem Namen Martin-Ofen beansprucht (wie Sie von Ihrer vorgeschlagenen Note vom 7. Juni behaupteten), sondern vielmehr eine Form, auf welche die Herren Martin keinerlei Rechte hatten, unter welcher Bezeichnung es auch sei. Die Anwendung der Kieselerde (Canister) begann mit dem Bau des ersten Regenerativ-Ofens 1856—1857 und die Benutzung dieser Erde zu Dinas-Ziegeln erfolgte schon 1861 beim Bau des Gas- und Regenerativ-Ofens bei den Herren Chance Bros & Cie. in Birmingham. Etwa 100 000 Dinas-Ziegel wurden beim Bau der Siemens-Öfen in Frankreich verwendet, in den bedeutenden Werken der Herren Berlioz et Cie. am Mont Luçon, und . . . .; zudem habe ich die Anwendung dieser Ziegel den Herren Martin in meinem Schreiben an ihren Vertreter Herrn de Bussy am 14. 8. 1862 empfohlen.

. . . . . Die Herren Sachverständigen haben für die besonderen Anordnungen der Kanalmündungen für Gas und Luft in dem Arbeitsraume des Siemens-Ofens in den Anlagen der Herren Martin diesen ihre Anerkennung aussprechen zu müssen geglaubt (S. 22 u. 52 des Berichtes), ich muß deshalb kurz auf diese Frage zurückkommen, von der ich schon oben gesprochen habe. Man hat gesehen, daß diese Anordnungen in den Öfen zum Erzeugen von Stahl für Herrn Attwood im Jahre 1862 schon zur Anwendung kamen, ebenso für die Herren Boigues, Rambourg et Cie. 1863. . . . .

Eine andere Bedingung ist von den Herren Sachverständigen als wesentlich für die Erzeugung von Stahl auf offenem Herde anerkannt, nämlich der Zusatz von Mangan zu dem Metallbade am Ende des Frischvorganges.

Obgleich die Herren Martin in ihrem Patente von 1865, wie übrigens auch die Herren Boigues, Rambourg et Cie. im Jahre 1863, von einer Vervollständigung des Metallbades durch Zusatz von Roheisen sprachen, das auch kleinspiegeliges Weißeisen sein könne, haben sie doch erst 1867 die Unentbehrlichkeit eines Zusatzes von Spiegeleisen erkannt, als sie diesen Zusatz in ihrem englischen Patente vom 25. Juli beanspruchten. Zur selben Zeit habe ich in meiner Versuchsanlage bei Birmingham ebenfalls die Notwendigkeit dieses Zusatzes erkannt und in meinem Patente vom 21. August 1867 den Anteil des notwendigen Spiegeleisens für Stahl verschiedener Eigenschaften beschrieben; außerdem habe ich dabei die Anwendung von metallischem Mangan ebenso wie von Ferro-Mangan empfohlen, dessen Herstellung ich seit 1863 mit Herrn Henderson in Glasgow studiert habe. Dieser Fortschritt wird von den Herren Sachverständigen anerkannt, die auf S. 55 ihres Berichtes sagen:

„Es muß bemerkt werden, daß in ihrem Patente (Martin) als Schlußzugabe kein anderer Stoff als manganhaltiges Roheisen oder Spiegeleisen vorgesehen ist, ebenso wie Herr Siemens das erkannt hat in seinem Patente von 1867 bezüglich Ferro-Mangan und metallischem Mangan."

Ich möchte bemerken, daß die praktischen Versuche, die ich 1866 bis 1867 anstellte, hauptsächlich bezweckten die Herstellung von Stahl aus Roheisen und Erzen in mehr oder weniger reduziertem Zustande, während die Herren Martin ihre Bemühungen wesentlich richteten auf die Erzeugung von Stahl aus Roheisen und Schrott; in den großen Hütten, die ich eingerichtet habe, hier und anderwärts, kommt das Stahlverfahren mit Roheisen und Erzen (bekannt unter dem Namen Siemens-Verfahren) heute regelmäßig zur Anwendung, und gerade diesem Verfahren habe ich immer die größte Wichtigkeit beigelegt.

Im Hinblick auf das Patent, das 1863 auf den Namen der Herren Boigues, Rambourg et Cie. genommen wurde, bemerkten die Herren Sachverständigen, das es nicht die Zeichnung des Ofens enthält; dieser Umstand erklärt sich leicht dadurch, daß dieses Patent eine Art Zusatz zu meinem Patent von 1861 bildete, das mit seinem Zusatze vom 9. Januar 1862 zwei von den Einzelheiten enthielt, die als wesentlich für einen Ofen zur Erzeugung von Stahl auf offenem Herde anerkannt wurden, nämlich die Kühlung der Sohle durch Luftströme und das gesenkte Gewölbe.

. . . .

In Übereinstimmung mit den Herren Sachverständigen bin ich der Meinung, daß die wesentlichen Punkte in dem Stahlverfahren Siemens-Martin sind: Anwendung der Heizung nach Siemens, Verwendung der Dinas-Ziegel, das Gewölbe mit doppelter Krümmung und Senkung über der Mitte des Bades, die Sohle von Quarzsand, die durch Luftströme gekühlt wird, und der unentbehrliche Zusatz von Mangan in passendem Verhältnisse am Ende des Frischvorganges.

. . . .

Ich schließe diesen Brief, indem ich die Einsicht, die bei der Begutachtung geherrscht hat, und ebenso die große Sorgfalt der Herren Sachverständigen bei der Untersuchung der ihrer Entscheidung vorgelegten Fragen über die Gegenstände, die ihnen mitgeteilt waren, anerkenne; ihr guter Glaube steht außer Zweifel, aber es ist unerklärlich, daß die Entwicklungsgeschichte des Stahlverfahrens Siemens-Martin von ihnen so verkannt wurde und daß sie die Ansprüche der Herren Martin hinsichtlich des Siemens-Ofens für dieses Verfahren für begründet hielten. Wenn man ihnen wenigstens unseren Vertrag vom 3. Oktober 1868 vorgelegt hätte, so würden die Herren Sachverständigen dort gesehen haben, daß unsere beiderseitigen Rechte hinsichtlich der Erzeugung von Stahl auf gleicher Grundlage standen; die Bezeichnung Siemens-Martin-Verfahren oder Martin-Siemens-Verfahren beruhte aus unseren gleichzeitigen und unabhängigen Arbeiten, von den Herren Martin in Sireuil und von mir selbst in Birmingham in den Jahren 1866 und 1867, während die Herren Martin keinerlei Einspruch erhoben hinsichtlich des Siemens-Ofens, über dessen Entwicklung zur Herstellung von Stahl oder zu anderen Zwecken ich mit Sicherheit sagen kann, daß sie keinen Teil daran haben.

Gestatten Sie . . . . . . gez. C. William Siemens.

Die prähistorische Kupfergewinnung und ihre Darstellung im „Deutschen Museum".

Von

Dipl.-Ing. Friedrich Orth,
Leiter der Industriellen Abteilung am Deutschen Museum München.

Im neuen Museum soll der vorgeschichtliche Erzbergbau in entsprechender Weise unter Mitwirkung des Prähistorikers Universitätsprofessor Dr. F. Birkner, München, dargestellt werden. Zu diesem Zwecke wurde unter dessen Führung eine Studienreise des Deutschen Museums in die vorzeitlichen Abbaue im Salzburger Gebiet vorgenommen.

Das erste Werkmetall des vorgeschichtlichen Menschen in Europa war das Kupfer, das er neben dem Stein schon in der jüngeren Steinzeit, wenn auch seltener, verwendet hat.

Alte Spuren vom Kupferbergbau sind in Spanien und Italien (Campiglia) gefunden worden[1]). Sicher in prähistorische Zeit fällt die Kupfergewinnung im Salzburger Gebiet und Tirol bei Kitzbühel und Schwaz.

Der vorgeschichtliche Kupferbergbau fand in Salzburg auf einigen Mittelgebirgsstöcken statt, wie Mitterberg, Einödberg, Buchberg, sowie auf den Gebirgszügen bei Viehhofen, die nach Norden von den Kalkalpen, nach Süden von den Zentralalpen begrenzt sind.

Es handelt sich in der Hauptsache um jüngere paläozoische Schichten, wie Silurschiefer, sowie um Werfener Schichten, die dem unteren Trias angehören, welche aus kristallinisch umgewandeltem Tonschiefer, Sandstein und Quarzpophyr bestehen.

Diese Schichten werden von 1—3 m mächtigen Lagergängen durchzogen, welche in einer Gangfüllung von Quarz, Spateisenstein und Ankerit Kupferkies führen.

Untergeordnet kommt auch Weißnickelkies, Kobaltblüte, Arsenkies und etwas quecksilberhaltiges Fahlerz vor, welches leicht unter Bilden von Zinnober zersetzt wird. Der Silbergehalt soll bis 150 g pro Tonne betragen. (Das Silber wird jetzt bei elektrischer Kupferraffination aus Anodenschlamm gewonnen.) Die Gänge sind oft von zahlreichen kleinen Verwerfungen, Seitenverschiebungen und Faltungen betroffen, und an manchen Stellen wurde die Gangspalte zu wiederholten Malen aufgerissen und nachgefüllt.

Das Erz enthält als sog. „Derberz" oder reines Erz 20—40 vH Kupfer, durchschnittlich 12 vH. In den tieferen Lagen nimmt der Gehalt an Spateisenstein ab[2]). (Abb. 1.)

---

[1]) Vgl. auch Treptow: Die Mineralbenutzung in vor- und frühgeschichtl. Zeit im Freiburger Jahrbuch für das Bergwesen 1901.

[2]) Vgl. auch Beyschlag—Krusch—Vogt „Lagerstätten", Bd. 1 und 2.

Die größte Bedeutsamkeit und eine gewisse Berühmtheit unter den vorzeitlichen Bergbaubetrieben hat der Mitterberg bei Bischofshofen erlangt, welcher zugleich der best durchforschte ist.

Auf Grund der Analysen von Metallfunden durch Dr. Kyrle[1]) ist anzunehmen, daß der Urbergbau im Salzburger Gebiet Ende der Bronzezeit und anfangs der Eisenzeit (bzw. Hallstattzeit) stattfand. Im Mitterberg dürfte der Urabbau etwa in die Zeit der Mondseepfahlbauer 1500 v.Chr. zurückreichen, wobei es wahrscheinlich ist, daß dieselben auf ihrer Suche nach Steinen im Flußbette der Salzach auf Kupfererz aufmerksam wurden.

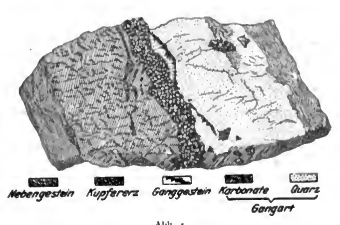


Abb. 1.
Gangfüllung vom Mitterberg.

Die ersten Forschungen des vorzeitlichen Mitterberger Kupferbetriebes gehen auf J. Pirchl sen., den ehemaligen dortigen Bergwerksverwalter, der ebenso wie sein gleichnamiger Sohn und Amtsnachfolger die zahlreichen Fundstücke sammelte, die sich im Museum Carolina-Augusteum in Salzburg befinden. Das bleibende Verdienst von Matthäus Much ist es, den prähistorischen Kupferbergbau mit Unterstützung von J. Pirchl sen. richtig erkannt und eingehend beschrieben zu haben. Den besten Anhalt für die Rekonstruktion eines prähistorischen untertägigen Erzbergwerkes bietet auch eine Zeichnung im Salzburger Museum (Abb. 2), die J. Pirchl sen. seinerzeit für eine Ausstellung selbst angefertigt hat, sowie die im Salzburger Museum aufbewahrten Funde (Abb. 3), welche unter fachkundiger Aufsicht durch Pirchl jun. für das Deutsche Museum nachgebildet wurden.

Danach drangen die alten Bergleute, dort „Kelten" oder „Heiden" genannt, durch Feuersetzen in den Berg ein. Wurde der Aufbruch zu hoch, so daß das auf der Sohle angemachte Feuer nicht bis zur First reichen konnte, so wurde in der erforderlichen Höhe eine Holzbühne errichtet und auf ihr ein Holzstoß entzündet.

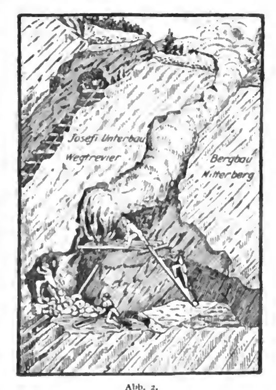


Abb. 2.
Rekonstruktion eines prähistorischen Abbaues nach den Funden im Mitterberg.
Abbau mit Feuersetzen auf einer Feuerbühne. Nach einer Zeichnung von J. Pirschl sen. im Salzburger Museum

[1]) Vgl. österr. Kunsttopographie Bd. XVII. Vorgeschichte des Kronlandes Salzburg.

Zum Hinaufsteigen auf die Feuerbühne dienten Steigbäume mit roh ausgehackten Stufen und gabelförmig ausgehacktem Fuße (Abb. 4a).

Durch rasches Abkühlen des erhitzten Gesteines durch Wasser wurde ersteres mürbe und ließ sich leicht mittels Treibkeilen aus Eichenholz in Schalen bis 20 cm Dicke losbrechen. Nach Much[1]) erzählt auch Plinius, daß in Spanien die Eingeborenen und die Punier den Goldbergbau mittels Feuersetzen betrieben[2]). Weiter ist bekannt,



Abb. 3.
Prähistorische Funde vom Salzburger Gebiet.
(Salzburger Museum.)

1) Stempel mit Schar und Holzschuh von der Grubenzimmerung. 2) Steigbaum aus Holz mit ausgehackten Stufen als Leiterfahrt, zwecks größerer Standfestigkeit unten gabelförmig ausgehackt. 2a) Holzprügel von einer Feuerbühne, oben angebrannt. 3) Großer Steinschlegel von ovalem Querschnitt mit einer Rille, mit welchem die größten Gesteinsstücke schon in der Grube zerschlagen und das Erz geschieden wurde. 4) Holzstiel mit verdicktem Ende zur Befestigung gerillter Steinschlegel mittels eines Strickes. 5) Treibfaustel aus Holz zum Eintreiben der Stempel aus Holz für die Grubenzimmerung. 6) Schlegel aus Bronze. 7) Keile aus Hartholz mit 2 Zulegplatten, um das durch Feuersetzen gelockerte Gestein zu sprengen, indem 2 Zulegplatten zuerst in die Gesteinsspalten hineingesteckt und dann zwischen diesen der Keil hineingetrieben wurde. 8) Mittel- und endständige Lappenäxte aus Bronze. 8a) Pyramidenförmige Bronzepickel mit Stielrest, Keilhaue zum Abschurfen und Schrämmen. 9) Wasserrinne, das Kernholz durch Kreuz- und Querhiebe mittels einer Lappenaxt herausgearbeitet, um das Wasser in der Grube zu größeren Holztrögen für das Feuersetzen zu leiten. 10) Wassertrog aus Holz mit 2 Tragzapfen zum Wassertransport für das Feuersetzen. 11) Wasserkübelboden. Die Kubel faßten ca. 6½ l Inhalt und dienten zum Begießen der erhitzten Gesteinwände mit Wasser. Eine Rekonstruktion befindet sich im Deutschen Museum als Geschenk von Bergrat Treptow. 12) Tragkübel für die Wasserkübel. 13) Wasserschöpfkelle. 14) Schaufel zum Einfullen der Erze in die Säcke. 15) Tragholz, um das Erz in Tragsäcken und Ledertaschen zu Tage zu bringen. 16) Haspelwelle, die auf einfachen Astgabeln gelagert war, um auf tonlägigem Schacht dem Schlepper das Aufwärtsbewegen zu erleichtern, indem er mittels Seiles auf steiler Ebene von einem anderen, der am anderen Seilende angriff und hinunterging, emporgezogen wurde. 17) Leuchtspäne, das Geleucht der Grube. 18) Unterlagsplatte und Klopfstein zum Scheiden der verwachsenen Erze. Letzterer aus Serpentin, erstere aus quarzreichem Werfner Schiefer mit geringerer Härte, um durch Aufschlagen auf eine weichere Unterlage die Schlagwerkzeuge zu schonen. 19) Unterlagsplatte und Laufer zum Vermahlen der verwachsenen Erzkörner in Mehlfeinheit zwecks Scheidung auf den Sichertrögen. Erstere aus Gneis, letztere aus Serpentin oder Glimmerschiefer. 20) Sichertrog zum Auswaschen und Trennen des Erzgemisches in seine verschiedenen Bestandteile auf Grund des spezifischen Gewichtes, in dem an den 2 Handhaben auf jeder Seite von 2 Mann der Trog in schüttelnde Bewegung gebracht wurde. 21) Strengflussige Rohschlacke, von der ersten Schmelze mit Schlackenstichel zum Wegschaffen derselben vom drunter liegenden Kupferstein in dem Vortiegel oder Sumpf. 22) Leichtflussige Rohschlacke. 23) Konzentrationsschlacke, mittels Schlegel zerkleinert, vor der zweiten Schmelze, welche infolge ihres Kupfergehaltes wieder der ersten Schmelze zugesetzt wird. 24) Bruchstucke von Gußkuchen aus Kupfer, und zwar solche mit blasiger Oberflache.

daß Hannibal bei seinem Alpenübergange 218 v. Chr. einen durch eine Erdabrutschung ungangbar gewordenen Felsen ähnlich gangbar gemacht hatte. Bemerkenswert ist auch, daß noch vor einiger Zeit im Rammelsberg in unserer nach Mansfeld bedeutendsten Kupfergrube das Feuersetzen angewendet wurde, um besonders hartes Gestein zu lockern.

Im Schlamm ersäufter, vorzeitlicher Gruben haben sich Wasserrinnen, Wassertröge, Wasserkübelreste vorgefunden. Das Erz wurde in Fülltrögen und Ledertaschen aus der Grube gebracht. Zur bequemen Erzbeförderung in tonlägigen Schächten diente eine Art primitiver auf Astgabeln gelagerter Bremsberghaspel,

[1]) Mitteilungen der K. K. Zentralkommission zur Erforschung und Erhaltung der Kunst und Hist. Denkmalpflege 1879.

[2]) Näheres über den Bergbau der Alten in „Dannemann, Plinius und seine Naturgeschichte", Eugen Diedrichs, Jena 1921, S. 215 u. f.

wie ein solcher noch im Josefi-Unterbau vorhanden war. Mittels Seiles wurde der Schlepper auf dem steilen, mit Steighölzern belegten Weg emporgebracht. Bezüglich der Verwendungsart derartiger Haspeln macht Pirchl sen. in seinem Manuskripte folgende Mitteilung:

Vergleichen läßt sich, abgesehen von Parallelen aus anderen Erdteilen, bei uns im Gebirge noch heutzutage eine bäuerliche Einrichtung beim Hinauftragen einer Last z. B. von Dünger auf einen Bergabhang: oben auf dem Abhange wird eine große, drehbare Holzscheibe festgemacht, um die ein Strick läuft; an jedem Ende des Strickes hält sich vermittels eines Querholzes ein Arbeiter fest; geht der eine den Abhang hinab, so zieht er den anderen, der die Last trägt, hinauf.

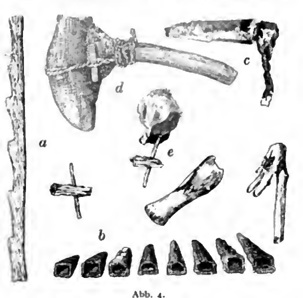


Abb. 4.
Prähistorische Funde vom Salzburger Gebiet.
(Salzburger Museum.)
a) Steigbaum mit roh ausgehackten Stufen und gabelförmig ausgebildetem Fuße. b) Pickel aus Bronze. c) Pickel aus Bronze mit einem Teile des Holzstieles. d) Serpentinschlegel. e) Kopfbedeckung der Kelten: Fellhaube.

Als Beleuchtung dienten Leuchtspäne, die bündelförmig zusammengehalten waren. Zum Abschürfen des mürb gebrannten Gesteines dienten Bronzepickel (Keilhauen), von denen bis jetzt 8 Stück gefunden wurden. Sie haben die Gestalt schlanker, vierkantiger Pyramiden mit einer viereckigen Schafttülle und einer Länge von bis zu 32 cm (Abb. 4b und c). Die Rekonstruktion einer Gußform, wie solche nach dem Vorbilde im Salzburger Museum nun auch im Deutschen Museum dargestellt wird, zeigt Abb. 5. Zum Zertrümmern des Gesteines waren Schlegel aus Bronze und wohl auch gleichzeitig eigentümlich geschäftete Schlegel aus Serpentin in Gebrauch. Siehe Abb. 4d. Für sehr große Schlegel dürfte eine Schäftung in Verwendung gewesen sein, wie solche ein uralter Steinhammer aus der Rheingegend im Deutschen Museum zeigt. Eine Rute ist zangenartig um die Rille des Steinhammers gelegt, und die als Stiel dienenden Enden sind mit Weidengeflecht fest zusammengebunden. Auch eine Art Grubenverwahrung war den Alten bekannt. Das brüchige Hangende wurde durch Stempel, Kappen und Schuh gestützt. Die Seitenwände hatte man bereits durch eine Verschalzimmerung gestützt, wobei Pfähle verwendet wurden, die zum Zwecke des leichteren Eintreibens an einem Ende zugespitzt waren. Eine weitere Schutz-

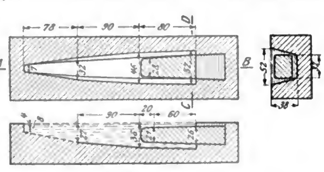


Abb. 5.
Rekonstruktion der Gußform für einen Pickel.

vorkehrung bildeten Holzdämme, um Teile der Grube vor Überschwemmung zu schützen. Einen solchen Damm fand Pirchl jun. in gut erhaltenem Zustande. Er bestand, wie Klose berichtet, aus einer Bretterwand, die quer durch die Grube bis zur halben Höhe zwischen den Seitenwänden eingeklemmt war und auf der Seite, von

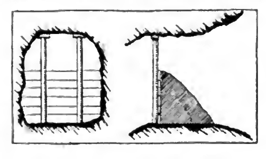


Abb. 6a.

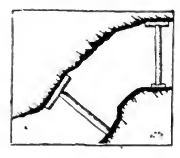


Abb. 6b.

Vorgeschichtliche Grubenzimmerung.

Abb. 6a: Vordämmung aus Holz und eine Aufschüttung von Steinen und Sand (von vorn und von der Seite). Abb. 6b: Holzzimmerung. Der rechte Stengel steht in einem Holzschuh. — Nach einer Zeichnung von Pirschl jun.

der das Wasser abgehalten werden sollte, durch Werkhölzer, die zwischen Sohle und First eingeklemmt waren, auf der anderen Seite, auf der sich das Wasser befand, durch eine Aufschüttung von Steinen und Sand gestützt war (Abb. 6). Als Dichtungsmaterial dienten Lehm, Moos und wohl auch zufälligerweise Gewebereste wie ein Fund zeigt.

Am schwierigsten ist für die Rekonstruktion wohl die Frage: „Wie waren die „Kelten" bekleidet?" Professor Birkner gedenkt, die Kleidung der nordischen Moorleichen als Vorbild zu wählen, obwohl diese jüngeren Datums sein dürften. Wahrscheinlich haben die Kelten, ähnlich wie die Funde im Dürrnberger „Heidengebirge" beweisen, Fellhauben (Abb. 4e) und Ledersandalen benutzt. Auch Lederschürzen werden wohl Verwendung gefunden haben.

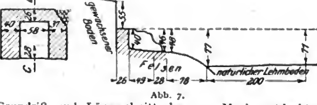


Abb. 7.
Grundriß und Längsschnitt des von Much entdeckten prähistorischen Kupferschmelzofens.

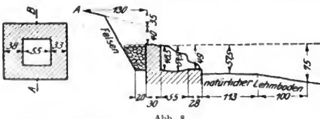


Abb. 8.
Grundriß und Längsschnitt des von Klose entdeckten prähistorischen Kupferschmelzofens.

Was die Weiterbehandlung des Erzes über Tag anbelangt, so wurde das Haltige von dem nutzlosen Gestein mittels Steinhämmer getrennt, das Feinkorn speziell auf Reibsteinen mit sog. Läufern zu Schlich verrieben und mittels Sichertrögen verwaschen. Reibsteine mit Läufern wurden auf den vorzeitlichen Scheideplätzen nebst Serpentinhämmern gefunden. In ähnlicher Weise wurden schon in der Steinzeit Europas[1]) und z. B. auch im bronzezeitlichen „Alten Reiche" Ägyptens Getreide zu Mehl zerrieben. Auch Sichertröge fanden sich in ersäuften Gruben.

[1]) Nach Forrer, Reallexikon.

Die teilweise Schwefelbeseitigung der Erze geschah wohl durch Haufenröstung. Das Schmelzen der Kupfererze und Zwischenprodukte erfolgte in einem mehrmaligen Prozesse der Anreicherung und Reinigung in niederen, den Rennfeuern vergleichbaren Schachtöfen. Als Brennstoff diente Holzkohle.

Etwa 23 Schmelzplätze mit Schlackenresten, und zwar mit Rohschlacke und Konzentrationsschlacke, sind nach einem Verzeichnisse von Pirchl an mehreren Stellen am Mitterberg gefunden worden, und zwar meist in der Nähe eines kleinen Wasserlaufes oder einer Quelle, was auch bei der Studienreise wahrgenommen wurde.

Unterhalb der Öfen zieht sich eine 5—7 m breite Schlackenhalde, oft bis zu 60 m, den Bergabhang hinab mit Verwitterungsprodukten des Spateisensteines und rotbraunen Schlackenstücken.

Vor einigen Jahren hat Klose in der Nähe eines Schmelzofens (Abb. 7), den zuvor Pirchl sen. mit Much aufgedeckt hatte, einen zweiten Schmelzofen entdeckt, dessen Boden als Sumpf ausgebildet war (Abb. 8). Grundrisse und Längsschnitte zeigen die Abmessungen dieser Öfen. Danach mißt der Boden im Lichten 55 × 55 cm. Da die Rückwand nicht über die Höhe der Böschung reichte, dürfte der Ofen kaum höher als 95 cm gewesen sein.

Die Öfen bestanden meist aus Schieferplatten, die mit Lehm verschmiert waren.

Die Art der Zustellung der Öfen kann nicht mehr mit Sicherheit festgestellt werden, und gehen in dieser Hinsicht die Ansichten von Kyrle und Klose weit auseinander. Kyrle nimmt an, daß die verschiedenen Anreicherungs- und Raffinationsschmelzgänge in einer Art einfachen Universalofen, und zwar Sumpfofen vorgenommen wurden; Klose dagegen hält eine Zustellung wenigstens für das Rohschmelzen in Form der späteren Brillenöfen für möglich, bei denen sich Schlacke und Stein in besonderen Vortiegeln außerhalb des Schmelzraumes ansammeln konnten. Die Annahme von Klose deckt sich mit der von Borchers[1]). Borchers führt an:

„Als Ofenzustellung ist für den Kupfersteinschmelzbetrieb die Spurzustellung die gebräuchlichste. Auch bei sorgfältigster Führung des Schmelzbetriebes ist es nicht zu vermeiden, daß an der einen oder anderen Stelle Kupfer- und Eisenabscheidungen entstehen, und daß das Kupfer infolge seiner hohen Affinität zu Schwefel wieder zur Abscheidung von Eisen (Ofensauen) Veranlassung gibt. Schon die ältesten primitivsten Öfen waren zur Vermeidung der mit der Ablagerung von Ofensauen verknüpften Störungen zu dieser Art der Ofenzustellung und der damit nötig gewordenen Anlage von Vorsümpfen oder Vorherden übergegangen. Bei den kleineren Öfen waren die Vorherde meist fest vor die Schachtöfen angelegt. Sie bestanden aus halbkugelig oder konisch geformten Vertiefungen, von denen meist 2 vor jedem Ofen angelegt waren, so daß eine abwechselnde Füllung und Entleerung stattfinden konnte. Hierdurch wurde den flüssigen Massen in dem gefüllten Vorherd Zeit genug zur Scheidung von Schlacke und Stein gelassen, nach deren Entfernung dann schließlich auch etwa abgelagerte Ofensauen entfernt werden konnten."

Kyrles Annahme, daß reines Kupfer bei günstigen Bedingungen auf verhältnismäßig einfache Weise ausgeschmolzen werden kann, stützt sich auf einen Vorfall, den Much[2]) wie nachstehend berichtet:

Man hatte in Mitterberg, um überschüssigen Schwefel aus den Erzen zu entfernen, im Freien einen größeren Haufen von groben, d. i. 60 mm messenden Erzstücken auf ein Röstbett zusammengebracht und denselben bei ziemlich kalter Temperatur (Winteranfang) in Brand gesetzt. Es kamen mehrere Feiertage, die Leute waren nicht am Platze,

---

[1]) Vgl. W. Borchers, Metallhüttenbetriebe, Bd. 1, „Kupfer", 1915, S. 118.

[2]) Siehe Kupferzeit, S. 299.

das Feuer im Haufen erhielt mehr Zug als gut war. Die Erze schmolzen in den unteren Lagen zu einer sog. Sohle, Kupferlech und Haarkupfer enthaltend, und siehe da, in einigen tieferen Grübchen lag auch das blinkende, helle Metall. Viel Schwefelgehalt im Erze, also natürlicher Brennstoff, scharfer Zug im Rösthaufen, allenfalls noch günstige Gangart und das Kupfer schmilzt von selbst aus, ohne Ofen, ohne sonstige künstliche Vorrichtung, ohne stete Überwachung durch erfahrene Leute, und doch in einer metallischen Reinheit, die in Erstaunen setzen muß."

Weiter sei angeführt, daß eine Bildtafel im „mittelalterlichen Hausbuch"[1]), deren Vorbild sich in einer Bilderhandschrift aus dem Jahre 1482 befindet und die älteste Abbildung eines Kupferschmelzofens ist (Abb. 9), einen Schachtofen von ca. $1^1/_2$ m Höhe mit einem Vorherd und einem Stichherd zeigt.

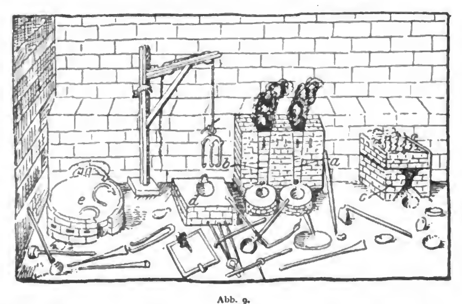


Abb. 9.

Kopie der ältesten Zeichnung eines mittelalterlichen Kupferhüttenwerkes 1482.

(Aus Metall und Erz. 1920. S. 335.)

a) Kupferroh und Konzentrationsschmelzofen mit Vorherd und Stichherd. b) Bleifrischofen für die „Verbleiung" aus silberreichen Erzen gewonnenen Kupfers. c) Seigerherd zum Abscheiden des silberreichen Bleies vom Kupferstein. d) Garherd, um aus Roh- oder Schwarzkupfer Feinkupfer zu machen. e) Treibherd, um aus dem vom Seigerherd gewonnenen silberhaltigen Blei das Silber als „Blicksilber" zu gewinnen.

Dieselbe Anordnung finden wir im 9. Buche des grundlegenden Werkes von Agricola 1557[2]). Der Kupferschmelzofen hat einen Vorherd „den ober tiegel", aus dem die Schlacke abgezogen wird und einen Stichherd „den unter tiegel", in den von Zeit zu Zeit der Kupferstein abgestochen wurde.

Aus den Ausführungen Agricolas geht weiter hervor, daß man für das Verschmelzen von Kupfererzen und von Bleierzen bezw. gold- und silberreichen Erzen fast dieselben Schachtschmelzöfen benutzte. Nur die Zustellung war etwas verschieden. Agricola unterscheidet daher je nach Art der Zustellung 4 Arten der Schmelzung.

1) „Schmelzung auf dem Stich" mit geschlossenem Auge (Stichloch in der Ofenbrust) für gold- und silberreiche Erze. Der Ofeninhalt wurde in dem Stich-

[1]) Vergleiche Zeitschrift „Metall und Erz" Heft 15 und 16: „Die ältesten Zeichnungen eines mittelalterlichen Hüttenwerkes und die ältesten Angaben über den deutschen Kupferhüttenprozeß von Prof. Dr. Bernh. Neumann Breslau".

[2]) „Vom Bergwerk", Seite 324.

herd vor dem Ofen, welcher geschmolzenes Blei enthielt, abgestochen. Das Silber wurde im sog. Verbleiungsprozeß vom Blei aufgenommen, das silberhaltige Werkblei durch Seigern vom Kupfer getrennt, und schließlich das Silber als „Blicksilber“ durch Abtreiben des Bleies in Form von Bleiglätte gewonnen.

2) „Schmelzen auf dem Gang oder über das Hölzlein“. Hier wurden bleiige Zuschläge mit der Beschickung aufgegeben. Der Tiegel des Ofens kommunizierte mit dem Vorherde, unter welchem noch ein zweiter Tiegel (Stichherd) lag.

3) „Schmelzen über dem Krummofen“ für silber- und goldhaltige Erze mittleren Gehaltes ohne bleiige Zuschläge. Der Tiegel lag halb im Ofen halb außen, unter diesem noch ein Stichherd.

4) „Schmelzen auf die rohe Schicht“. Der Ofen wird wie beim Schmelzen auf den Stich zugemacht, es war ein Vorherd vor dem Ofen vorhanden, das Auge blieb stets offen. Die geschmolzenen Massen flossen ununterbrochen aus dem Auge in den Vorherd. Die Schlacken wurden aus dem Vorherd abgeworfen, der Kupferstein von Zeit zu Zeit in den davorliegenden Stichherd abgestochen. Diese Art Öfen wurde bei allen Kupfererzen verwendet. Ärmere Erze wurden in demselben Ofen angereichert. Nach Agricola war diese Art der Verhüttung die älteste Methode des Schachtofenschmelzens[1]).

Jedenfalls spricht nichts Stichhaltiges gegen die Annahme, daß auch die Alten in prähistorischer Zeit mindestens 3 Schmelzgänge ausführten, ähnlich dem alten noch 1860 auf dem Mitterberg benutzten Krummofenbetriebe. Man erhielt nach Pirchl im ersten Schmelzgange einen Kupferstein mit 30—40 vH Kupfer, im zweiten nach vorheriger Röstung des Kupfersteines einen solchen mit ungefähr 65 vH (Konzentrationsstein), und im dritten Schwarzkupfer mit 95—96 vH, das dann zu Feinkupfer raffiniert werden konnte.

Nach einer Analyse von Kyrle bestehen die Schlacken in der Hauptsache aus Eisen und Kieselsäure. Kupfer wurde nur in einer Probe nachgewiesen. Bei den übrigen Schlacken dürfte das verschlackte Kupfer infolge von Auslaugeprozessen innerhalb der 3000 Jahre ausgeschieden worden sein. Die gefundenen Gußfladen besitzen einen Kupfergehalt von 94—97 vH Kupfer und Spuren von Nickel.

Wenn auch die Annahme von Montelius[2]), das älteste nordische Kupfer stamme aus Österreich, da es nickelhaltig sei, widerlegt worden ist, so dürfte es doch wahrscheinlich sein, daß die salzburgisch-tirolischen Alpen in der jüngeren Bronze- und ältesten Eisenzeit das meiste Kupfer in Europa geliefert haben.

Kyrle hat die ausgebrachte Metallmenge für Mitterberg auf 200 t, für ganz Salzburg auf 300 bis 400 t geschätzt. Pirchl kommt bei seiner Schätzung auf eine weit größere Zahl, nämlich auf 2400 t. Pirchl soll aber nach Angabe von Kyrle die gesamte aufgefahrene Gangfläche von 65 000 qm als abgebaut angenommen haben, während Kyrle nur 10 vH hiervon annahm.

Gegen Ende der älteren Hallstattzeit, nach einer Dauer von mindestens 300 Jahren, als das billigere Eisen als Werkmetall immer mehr zur Verwendung kam, konnte die teuere Bronze nicht mehr in Wettbewerb treten, und der Kupferbergbau in den Alpen kam aus diesem Grunde, nicht etwa aus Mangel an Erz, vollständig zum Erliegen.

Nach einem Stillstand von 3000 Jahren wurde der Bergbau in Mitterberg im Jahre 1829 wieder aufgenommen. Durch einen Zufall, bei der Suche nach einem

[1]) Vergleiche auch „Metall und Erz“, Heft 15, S. 335.
[2]) Vgl. Chronologie der älteren Bronzezeit, S. 92.



Abb. 10.

Maria-Hilfstollen mit dem ersten Berghause Mitterbergs (der schwarze Teil des rechten Gebäudes).
An der Stelle des sitzenden Mannes fand P l ä n k 1827 den Brotlaib auf dem Erzausbisse des Petrusganges. (Vgl. Abb. 11.)

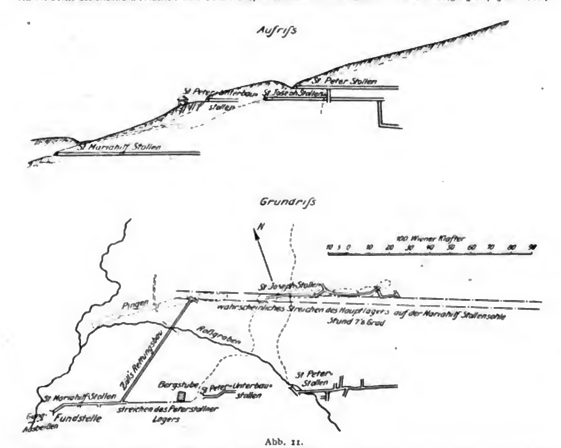


Abb. 11.

Übersichtsplan von dem im Bau stehenden westlichen Teile des gewerkschaftlichen Bergbau Mitterberg. (Stand vom September 1839.)

von einem Wagen nächst der Mitterbergalm in einen Graben gefallenen Brotlaibe, wurde der Erzgang im Jahre 1827 wieder entdeckt. Nachdem alsdann der Oberhutmann J. Zötl nächst der Fundstelle des Brotlaibes und der Erzstücke den Mariahilfstollen anlegte (Abb. 10) und trotz absprechenden Beurteilungen durch Anlage eines Schurfbaues von diesem in Richtung der prähistorischen Pingenfelder den Haupterzgang (26. Aug. 1839) antraf, war die weitere Existenz des Mitterberger Kupferabbaues gesichert (Abb. 11).

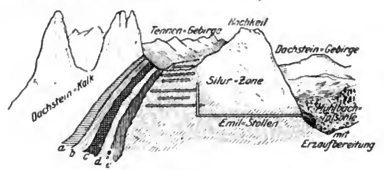


Abb. 12.

Schnitt durch den Mitterberger Kupferbergbau.

I. Schnitt Nord—Süd.

a = Raibler-Dolomit. b = Raibler Kalk- und Mergelschiefer. c = Ramsau-Dolomit. d = Reichenhaller Kalk. e = Werfener Schiefer.

Gegenwärtig bildet das Mitterberger Vorkommen die Grundlage für die gesamte Kupfererzeugung Österreichs und zugleich seiner wichtigsten Kupfergrube und Kupferhütte mit einer jährlichen Produktion von 5000 t Kupfer. Der Kupfergehalt der bis jetzt aufgeschlossenen Erze wird auf 11 000 t, der des vorhandenen Erzvermögens auf 74 000 t berechnet. Ein neuer Kupfererzgang mit schönem „Derb-

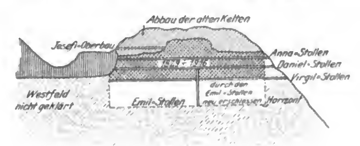


Abb. 13.

Schnitt durch den Mitterberger Kupferbergbau.

II. Längsschnitt Ost—West.

erz" wurde erst kürzlich an einer ganz unvermuteten Stelle entdeckt. 1906 ging der Besitz der Grube von der von Zötl gegründeten Gewerkschaft an ein englisches Konsortium über. Nach deren Konkurs im Jahre 1907 übernahm die Kredit-Anstalt Wien den Betrieb.

Heute gehört die Grube mit ihrer neuen, leider durch einen Brand beschädigten Aufbereitung bei Mühlbach, und die nächst gelegene modern eingerichtete Kupferhütte zu Außerfelden bei Bischofshofen der Mitterberger Kupfer-A.-G. bzw. der Berndorfer Metallwaren-A.-G. Arthur Krupp. Die einzelnen Hauptentwicklungsstufen des Mitterberger Kupferabbaues zeigen die Schnitte Abb. 12 und 13.

Nach einer eingehenden Besichtigung der im Museum Carolino-Augusteum in Salzburg von dem dortigen Konservator Reg.-Rat Oliver Klose in verdienstvoller Weise gesammelten wertvollen Stücke aus dem vorzeitlichen Salzburger Bergbau- und Hüttenbetriebe, wurde von Bischofshofen aus am Pfingstmontag die Stätte vorzeitlicher Kupfergewinnung am Mitterberg besucht.

Abb. 14.
Kupferhütte Außerfelden bei Bischofshofen.
Im Hintergrunde der Götschenberg (von „Götzen" abgeleitet), der dadurch berühmt ist, als sich auf ihm ein spätneolithisches Werkzeugatelier befand, das nach „Kyrle" in enger Kulturbeziehung zu den ostalpinen Pfahlbauten stand.

Von großem Werte war hierbei, daß sich auf Veranlassung von Reg.-Rat Klose der ehemalige Verwalter der Mitterberger Kupfer-A.-G. J. Pirchl jun. in verständnisvollem Entgegenkommen entschloß, an der Studienreise teilzunehmen und alle wünschenswerten Aufschlüsse, sowohl hinsichtlich der vor- als auch neuzeitlichen Kupferhüttenbetriebe zu geben.

Der Weg führte zunächst an dem prähistorisch interessanten Götschenberg vorbei (Abb. 14), auf dem seinerzeit Reste steinzeitlicher Wohnstätten gefunden wurden. Die eigentlichen Zeugen vorzeitlicher Metallgewinnung, die hunderte von Metern langen Schürfgraben mit bis zu 15 m tiefen Trichtern, sog. „Pingen", die



Abb. 15.
Mundloch des Hermastollens. Zugang zu den Verhauen bei Viehofen
Der Stollen rührt von der Gewerkschaft Viehofen her, die noch während des Krieges tätig war, sich aber inzw. aufgelöst hat.

hier zunächst gelegenen Scheideplätze mit Halden, und die mehr zerstreut liegenden Schmelzplätze waren erst bei höherem Aufstiege, der z. T. auf dem sog. „Heiden-" oder „Keltenweg" erfolgte, zu ersehen.

Da die alten Verhaue in Mitterberg, die Pirchl sen. seinerzeit als Anhalt für die Rekonstruktion eines vorzeitlichen Bergwerkes dienten, zugestürzt waren, wurde die Besichtigung der noch zugänglichen vorzeitlichen Abbaue durch Befahren des Hermastollens bei Viehhofen vorgenommen (Abb. 15 u. 16).



Abb. 16.
Berg Sausteig, gegenüber dem Hermastollen.
Im Vordergrund Viehofen.
1) Schmelzplatz. Von 1—2 Furchenpingen. 3) Pingenähnliche Gebilde.
4) Ein Holzkohlenmeiler in viereckiger Form für kontinuierlichen Betrieb.

Diese Verhaue waren beim seinerzeitigen Anschlagen vollkommen ersäuft. Am Vorort wurde eine etwa 2 cm dicke schwarze Rußschichte beobachtet. Auf der Sohle ließen sich trotz des nachgebrochenen Gesteines Reste von verkohltem, vom Feuersetzen herrührendem Holze erkennen. Nach der Dicke des abstehenden Gesteines, Schalen des Vorortes, konnte auf einen Vortrieb im Gebirge von 15—20 cm pro Brand geschlossen werden.

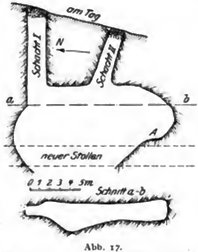


Abb. 17.
Plan des alten Verhaues III im Hermastollen (50 m vom Mundloch entfernt).
Bei A eine bis zu 30 cm starke Schlammschicht.

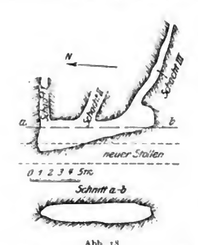


Abb. 18.
Plan des Verhaues II im Hermastollen (30 m vom Mundloch entfernt).

Mitbestimmend für die geneigte Sohle des Verhaues dürfte außer der besseren Wetterführung auch das Bestreben gewesen sein, die einsickernden Tageswässer und das überschüssige Wasser während der Abkühlung des erhitzten Gesteines beim Feuersetzen in einen tieferen Teil des Grubenfeldes zu leiten.

Die Abmessungen stimmten noch im großen und ganzen mit der von Kyrle vorgenommenen maßstäblichen Aufzeichnung überein (Abb. 17 u. 18). Es ist nun beabsichtigt, im neuen Museum in wirkungsvoller Weise ein vorzeitliches Bergwerk unter Mitwirkung von Professor Dr. Birkner und Direktor J. Pirchl jun. zu rekonstruieren und an Arbeitsszenen die Handhabung aller vorzeitlichen Geräte und Einrichtungen nach den Mitterberger Funden zu zeigen.

Die Darstellung wird ihre Ergänzung finden in Original-Fundstücken aus alten spanischen Gruben, sowie in zahlreichen Nachbildungen aus der prähistorischen Sammlung des Naturhistorischen Museums in Wien.

Gesamtinhaltsverzeichnis zu Band I bis XI.

Die vollen Titel der Aufsätze sind bei den aus den Überschriften sich ergebenden Stichworten angeführt. Die übrigen Stichworte beziehen sich auf den hauptsächlichsten Inhalt der Aufsätze, wobei mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum wesentliche Einschränkung geboten war. Ein Stern (*) bei den biographischen Angaben bedeutet, daß ein Bildnis vorhanden ist. — Die römische Zahl bedeutet den Band, die arabische Ziffer die Seite.

Verfasserverzeichnis.

Druckfehlerberichtigung

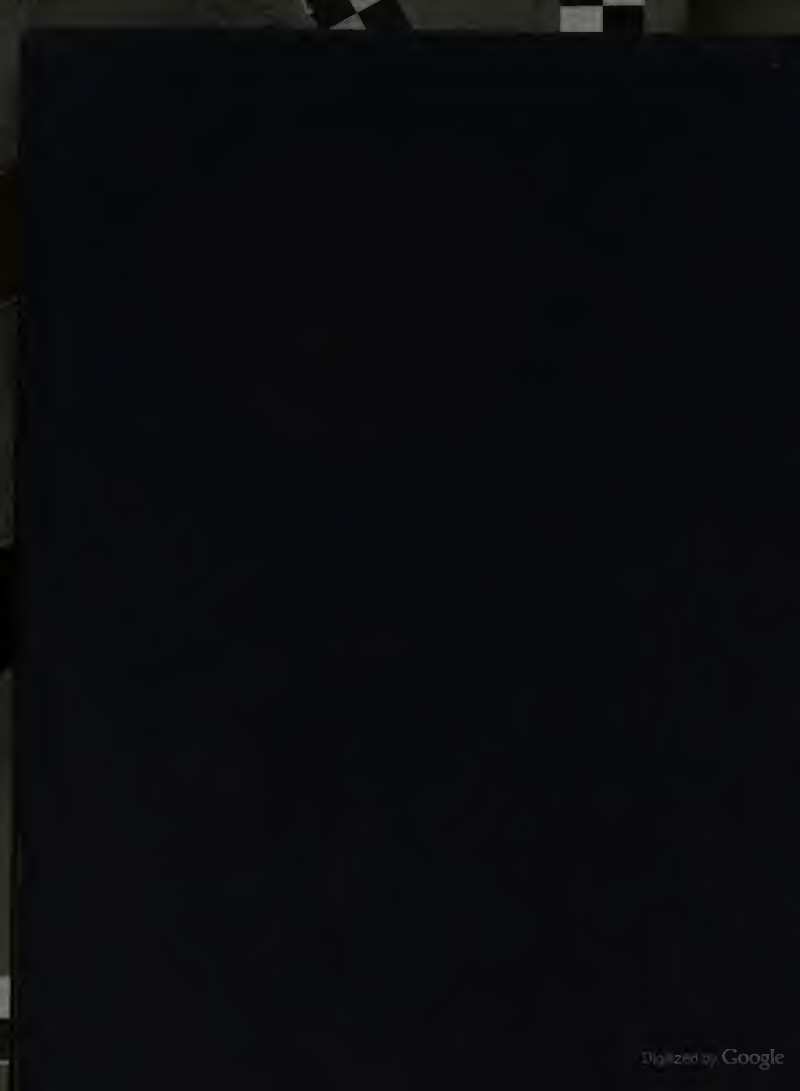
zu Band X, 1920.

Auf Seite 97 letzte Zeile muß es heißen **statisch**, anstatt statistisch, auf Seite 182 Zeile 1 **Noiré**, nicht Noirè. Auf Seite 189 Zeile 23 statt zu Eannatum muß es heißen **des Eannatum**. Auf Seite 190 **Abb. 7** „Drehbankantrieb durch einen Fußtritt" **steht auf dem Kopf**.

Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.






Digitized by Google